

# **DEGRADAÇÃO PRECOCE DE EDIFÍCIOS**

Análise e exploração de um banco de dados

**FRANCISCO MANUEL DE FREITAS MIRANDA**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES**

---

Orientador: Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues

JANEIRO DE 2020

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2019/2020**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-5081446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-5081440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2019/2020 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2019.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

O orientador reserva-se nos direitos sobre os créditos deste documento.

Aos meus Pais

*“Porque eu sou do tamanho do que vejo  
E não do tamanho da minha altura”  
Fernando Pessoa*



## **AGRADECIMENTOS**

A finalização de um trabalho desta índole, principalmente no que concerne ao tratamento e análise de um banco de dados de obras de construção, não teria sido possível sem a colaboração e apoio recebidos da empresa de construção que facultou tais dados. Aos seus administradores e restantes quadros, o meu agradecimento pela contribuição que tornou possível a realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Rui Calejo, meu orientador científico, o meu reconhecimento público pelo apoio e incentivo à realização desta dissertação e pela disponibilidade, saber e capacidade crítica que sempre demonstrou nas conversas que fomos mantendo sobre o tema em estudo.

À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pelo rigor e profissionalismo incutidos desde o primeiro dia, assim como por todas as condições proporcionadas ao longo deste ciclo de estudos.

A todos aqueles que deram o seu contributo ao longo desta jornada, e que apesar da impossibilidade de os nomear a todos individualmente, gostaria de expressar aqui a minha gratidão.

Aos meus pais.



## **RESUMO**

Os edifícios, apesar de serem considerados bens de grande longevidade, iniciam processos de degradação logo após a sua entrada em funcionamento.

Existem muitos modelos da avaliação e da evolução do grau de desempenho de um edifício ao longo da sua vida útil, não sendo consensual que haja uma degradação precoce acentuada.

Contudo, entendendo-se que há efetivamente uma tendência para a degradação precoce, este processo de deterioração prematura traduz-se em grandes valores de investimento contínuo em manutenção e gestão correntes e na reparação e substituição prematura de componentes e sistemas. A importância e o peso que tais investimentos representam na economia das diferentes entidades motiva a necessidade de se avaliar de forma mais concreta esse tipo de investimentos, pelo que é desejável conseguir prever o comportamento de um edifício de modo a antecipar a implementação de estratégias que mitiguem os efeitos do desgaste.

Com esta dissertação, pretende-se estudar a degradação precoce de edifícios, ou seja, logo após a sua entrada em funcionamento. Com esse objetivo, foi analisado um banco de dados, fornecido por uma empresa construtora, sobre anomalias ocorridas em edifícios.

Através do levantamento e análise de anomalias e patologias dos diferentes edifícios, pretende-se perceber quais as principais causas e erros associados ao mau funcionamento e envelhecimento precoce dos edifícios, qual a natureza dos problemas, em que tipo de elementos ocorrem, que tipo de intervenções devem ser realizadas para resolver os problemas, qual o impacto das anomalias em termos de percentagem do valor orçamentado da obra, entre outro tipo de informação, de forma a criar uma metodologia da manutenção de edifícios.

Dessa forma, o objetivo passa por tirar conclusões quanto ao comportamento e degradação verificado nos edifícios nos primeiros anos de utilização, durante o período de garantia, refletindo-se, também, quanto à qualidade da construção, aos custos com a sua manutenção e de que forma as diferentes fases do ciclo de um empreendimento influenciam a manutenção de edifícios.

Dos dados apurados, constata-se que, no universo dos edifícios em estudo, a degradação precoce dos mesmos está muito associada a erros de projeto e de construção que, por norma, se fazem sentir logo após a sua entrada em funcionamento. A análise realizada e os resultados obtidos servem de base para a reflexão sobre a importância de mitigar os erros nas fases anteriores à utilização e o tipo de políticas de manutenção que devem ser seguidas, em que períodos, e com que frequência. Através de um diagnóstico cuidado e bem elaborado das anomalias, da perceção sobre a degradação dos edifícios, da forma como esta se processa e do conhecimento das tecnologias construtivas poderá ser possível melhorar a qualidade e desempenho dos edifícios e consequentemente de todos aqueles que os utilizam.

**PALAVRAS-CHAVE:** Degradação Precoce, Comportamento em Serviço, Anomalias, Diagnóstico, Manutenção de Edifícios





## **ABSTRACT**

Buildings, despite being considered long-lived goods, begin degradation processes after their entry in function.

There are many models of assessing and evolution of the performance of a building over its useful life, and there is no consensus that there is severe early degradation.

However, understanding that there is indeed a tendency towards early degradation, this process of premature deterioration translates into large amounts of continuous investment in current maintenance and management, and in the repair and premature replacement of components and systems. The importance and weight that such investments represent in the economy of different entities motivates the need to evaluate more accurately such investments, so it is desirable to be able to predict the behavior of a building in order to anticipate the implementation of strategies that mitigate the effects of wear.

With this dissertation, it is intended to study the early degradation of buildings, that is, after their entry in function. To this end, a database, provided by a construction company, on building anomalies was analyzed.

Through the survey and analysis of anomalies and pathologies of different buildings, it is intended to understand what are the main causes and errors associated with the malfunction and premature aging of buildings, what is the nature of the problems, in what kind of elements occur, what kind of interventions should be performed to solve the problems, what is the impact of the anomalies as a percentage of the budgeted value of the construction, among other information, in order to create a methodology for building maintenance.

Thus, the objective is to draw conclusions about the behavior and degradation observed in buildings in the first years of use, during the warranty period, reflecting on the quality of construction, the costs with its maintenance and how the different phases of the cycle of an enterprise influence the maintenance of buildings.

From the data found, it can be seen that, in the universe of buildings under study, the early degradation of buildings is very much associated with design and construction errors that, as a rule, are felt soon after their entry in function. The analysis performed and the results obtained serve as a basis for reflection on the importance of mitigating errors in the pre-use phases and the type of maintenance policies that should be followed, in which periods and frequencies. Through careful and well-designed diagnostics of anomalies, insight into building degradation and how it is processed, and knowledge of constructive technologies, it may be possible to improve the quality and performance of buildings and, consequently, all those who use them.

**Keywords:** Premature Degradation, Behavior in Service, Anomalies, Diagnosis, Building Maintenance



## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. ENQUADRAMENTO.....	1
1.2. MOTIVAÇÃO .....	1
1.3. PROBLEMÁTICA .....	4
1.4. ÂMBITO.....	5
1.5. OBJETIVOS .....	6
1.6. MÉTODO CIENTÍFICO .....	6
1.7. ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	8

<b>2. SÍNTESE DO CONHECIMENTO</b> .....	9
2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1.1. BIBLIOMETRIA .....	9
2.1.1.1. EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO NO ÂMBITO DA DEGRADAÇÃO DE EDIFÍCIOS NA GENERALIDADE .....	11
2.1.1.2. EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO NO ÂMBITO DA DEGRADAÇÃO PRECOCE DE EDIFÍCIOS .....	17
2.1.1.3. EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO NO ÂMBITO DA MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS .....	21
2.1.2. ARTIGOS CIENTÍFICOS .....	26
2.2. VISÃO SISTÊMICA DE EDIFÍCIOS.....	27
2.2.1. CONCEITO DE SISTEMA APLICADO A EDIFÍCIOS .....	27
2.2.2. ÓRGÃO E SUBSISTEMA.....	28
2.2.3. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS .....	32
2.2.4. EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO .....	33
2.2.5. EXIGÊNCIAS BÁSICAS .....	35
2.3. DEGRADAÇÃO DE EDIFÍCIOS .....	36
2.3.1. USO CORRENTE .....	37
2.3.2. AÇÕES NATURAIS.....	37
2.3.3. AÇÕES ACIDENTAIS.....	37
2.3.4. DESAJUSTE FUNCIONAL.....	37
2.3.5. EVOLUÇÃO DO NÍVEL DE EXIGÊNCIA .....	38
2.4. CICLO DE VIDA DE UM EMPREENDIMENTO .....	39
2.4.1. PROMOÇÃO E PLANEAMENTO .....	39
2.4.2. CONCEÇÃO E PROJETO.....	39

2.4.3. FORNECIMENTO DE MATERIAIS, ELEMENTOS E COMPONENTES DA CONSTRUÇÃO.....	39
2.4.4. EXECUÇÃO DE OBRAS .....	40
2.4.5. UTILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO .....	40
<b>2.5. VIDA ÚTIL.....</b>	<b>40</b>
2.5.1. CRITÉRIOS DE ANÁLISE DA VIDA ÚTIL .....	41
2.5.2. OBSOLESCÊNCIA FUNCIONAL .....	42
2.5.3. NÍVEL MÍNIMO DE PERFORMANCE FUNCIONAL .....	42
2.5.4. PREVISÃO DA VIDA ÚTIL FUNCIONAL .....	43
2.5.5. VIDA ÚTIL ECONÓMICA .....	45
2.5.6. VIDA ÚTIL FÍSICA.....	48
2.5.7. FIM DA VIDA ÚTIL DE UMA CONSTRUÇÃO.....	49
<b>2.6. ELEMENTOS FONTE DE MANUTENÇÃO - EFM .....</b>	<b>50</b>
<b>2.7. COMPORTAMENTO DE UM EDIFÍCIO EM SERVIÇO.....</b>	<b>56</b>
<b>2.8. MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS.....</b>	<b>63</b>
<b>2.9. POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO.....</b>	<b>72</b>
<b>2.10. MANUTENÇÃO PREVENTIVA .....</b>	<b>75</b>
2.10.1. MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA.....	75
2.10.2. MANUTENÇÃO CONDICIONADA.....	75
<b>2.11. MANUTENÇÃO CORRETIVA .....</b>	<b>77</b>
2.11.1. INTERVENÇÕES URGENTES .....	77
2.11.2. PEQUENAS E GRANDES INTERVENÇÕES.....	77
2.11.3. REPARAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO .....	79
<b>2.12. PATOLOGIA.....</b>	<b>80</b>
 <b>3. BANCO DE DADOS .....</b>	 <b>87</b>
<b>3.1. IDENTIFICAÇÃO DOS EDIFÍCIOS EM ESTUDO .....</b>	<b>87</b>
<b>3.2. CARACTERIZAÇÃO CONSTRUTIVA E FUNCIONAL DOS EDIFÍCIOS .....</b>	<b>91</b>
3.2.1. EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO.....	91
3.2.2. EDIFÍCIO INDUSTRIAL .....	98
3.2.3. EDIFÍCIOS DE USO MISTO.....	99
3.2.4. EDIFÍCIOS DE FERMENTAÇÃO.....	102
3.2.5. EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO UNIFAMILIAR EM ESPAÇO RURAL .....	103
 <b>4. RECOLHA E ANÁLISE DE RESULTADOS.....</b>	 <b>105</b>
<b>4.1. MÉTODO APLICADO .....</b>	<b>105</b>
<b>4.2. ANÁLISE DE RESULTADOS .....</b>	<b>109</b>
4.2.1. ANOMALIAS IDENTIFICADAS .....	109
4.2.2. ELEMENTOS FONTE DE MANUTENÇÃO SOLICITADOS .....	110

4.2.3. PRINCIPAIS PATOLOGIAS .....	111
4.2.4. DATA DE APARECIMENTO DAS ANOMALIAS .....	113
4.2.5. CUSTOS DE ANOMALIAS EM TERMOS DO VALOR ORÇAMENTADO DA OBRA .....	117
4.2.6. TEMPO DE EXECUÇÃO DAS INTERVENÇÕES .....	118
4.2.7. REINCIDÊNCIAS .....	119
4.2.8. TIPO DE MANUTENÇÃO.....	119
4.2.9. CARACTERIZAÇÕES RELACIONAIS DIVERSAS .....	120
4.2.10. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	130

## **5. SÍNTESE E CONCLUSÕES .....**

131

5.1. INTRODUÇÃO .....	131
-----------------------	-----

5.2. SÍNTESE DE CONCLUSÕES .....	131
----------------------------------	-----

5.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....	134
-------------------------------------	-----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	137
----------------------------------	-----

## **ANEXOS**



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Metodologia Científica Proposta .....	7
Figura 2 - Número de revistas científicas, no primeiro quartil das pontuações mais elevadas em relação a citações obtidas em 2018, por editora .....	9
Figura 3 - Pontuação em relação às citações obtidas das principais revistas em 2018, segundo editora .....	10
Figura 4 - Número de documentos em revistas científicas .....	11
Figura 5 - Número de documentos publicados por ano, sobre a degradação de edifícios no geral (extraído do site SCOPUS) .....	12
Figura 6 - Número de documentos publicados, por autor, sobre a degradação dos edifícios no geral (extraído do site SCOPUS) .....	12
Figura 7 - Documentos publicados por instituição, sobre a degradação de edifícios no geral (extraído do site SCOPUS) .....	13
Figura 8 - Documentos publicados por país, sobre a degradação de edifícios no geral (extraído do site SCOPUS) .....	13
Figura 9 - Documentos publicados por revista científica, sobre a degradação de edifícios no geral ...	14
Figura 10 - Palavras-chave utilizadas em documentos publicados sobre a degradação de edifícios no geral .....	15
Figura 11 - Documentos publicados por ano em Portugal, sobre a degradação de edifícios no geral (extraído do site SCOPUS) .....	15
Figura 12 - Documentos publicados por autores Portugueses, sobre a degradação de edifícios no geral (extraído do site SCOPUS) .....	16
Figura 13 - Documentos publicados por instituições portuguesas, sobre a degradação de edifícios no geral .....	16
Figura 14 - Número de documentos publicados por ano, sobre a degradação precoce de edifícios (extraído de site SCOPUS) .....	17
Figura 15 - Número de documentos publicados, por autor, sobre a degradação precoce de edifícios (extraído do site SCOPUS) .....	17
Figura 16 - Documentos publicados por instituição, sobre a degradação precoce de edifícios (extraído do site SCOPUS) .....	18
Figura 17 - Documentos publicados por país, sobre a degradação precoce de edifícios (extraído do site SCOPUS) .....	18
Figura 18 - Documentos publicados por revista científica, sobre a degradação precoce de edifícios..	19
Figura 19 - Palavras-chave utilizadas em documentos publicados sobre a degradação precoce de edifícios .....	19
Figura 20 - Documentos publicados por ano em Portugal, sobre a degradação precoce de edifícios (extraído do site SCOPUS) .....	20

Figura 21 - Documentos publicados por instituições portuguesas, sobre a degradação precoce de edifícios (extraída do site SCOPUS) .....	20
Figura 22 - Número de documentos publicados por ano, sobre a manutenção de edifícios (extraído do site SCOPUS).....	21
Figura 23 - Número de documentos publicados, por autor, sobre a manutenção de edifícios (extraído do site SCOPUS).....	21
Figura 24 - Documentos publicados por instituição, sobre a manutenção de edifícios (extraído do site SCOPUS) .....	22
Figura 25 - Documentos publicados por país, sobre a manutenção de edifícios (extraído do site SCOPUS).....	22
Figura 26 - Documentos publicados por revista científica, sobre a manutenção de edifícios .....	23
Figura 27 - Palavras-chave utilizadas em documentos publicados sobre a manutenção de edifícios ..	24
Figura 28 - Documentos publicados por ano em Portugal, sobre a manutenção de edifícios (extraído do site SCOPUS).....	24
Figura 29 - Documentos publicados por autores Portugueses, sobre a manutenção de edifícios (extraído do site SCOPUS).....	25
Figura 30 - Documentos publicados por instituições portuguesas, sobre a manutenção de edifícios..	25
Figura 31 - Visão Sistémica de Edifícios – Classificação por tamanho (adaptado de [5, 8]) .....	30
Figura 32 - Exigências de desempenho de um elemento de construção [4] .....	34
Figura 33 - Processo de gestão do desempenho (adaptado de [10, 11]) .....	34
Figura 34 - Dimensões do conceito de desempenho e a sua aplicação aos edifícios (adaptado de [12, 13, 14, 15]) .....	35
Figura 35 - A “Metáfora da Cadeira” – conjugação das exigências do utilizador com diferentes níveis de desempenho (adaptado de [16]) .....	36
Figura 36 - Processo de Degradação (adaptado de [18, 19]).....	38
Figura 37 - Níveis de qualidade de um edifício [18, 33].....	42
Figura 38 - Determinação da vida útil dos elementos construtivos tendo em conta a evolução típica da degradação [36, 37].....	44
Figura 39 - Modelo probabilístico de previsão da vida útil dos elementos de construção (adaptado de [38]) .....	44
Figura 40 - Custos do ciclo de vida dos edifícios (adaptado de [40]) .....	47
Figura 41 - Distribuição de custos ao longo da vida útil de um edifício, de acordo com a vida útil média de cada parte da construção (adaptado de [21, 22]).....	47
Figura 42 - Relação entre custos e níveis de qualidade (adaptado de [41, 42]).....	48
Figura 43 - Vida útil física de uma construção [21] .....	49
Figura 44 - Perda de desempenho de diferentes exigências e a sua relação com os limites de insatisfação [44, 46, 47] .....	49



Figura 45 - Lista de EFM proposta por Yoshiko Fujimoto [48] .....	51
Figura 46 - Estados de degradação (adaptado de [53]) .....	56
Figura 47 - Modelos padrão de perda de desempenho dos edifícios [18, 54] .....	57
Figura 48 - Modelo Invertido da Evolução da perda de Desempenho [18, 55] .....	57
Figura 49 - Modelos da probabilidade da ocorrência de anomalias [36, 56] .....	58
Figura 50 - Evolução da probabilidade de ocorrência de anomalias ao longo da vida útil do edifício [18, 57] .....	59
Figura 51 - Comportamento probabilístico da degradação (adaptado de [58]) .....	59
Figura 52 - Relação qualidade-tempo de um edifício em serviço, na ausência de manutenção (adaptado de [1]) .....	60
Figura 53 - Curva teórica do comportamento de um edifício [35, 59] .....	61
Figura 54 - Tipos de Intervenção num edifício (adaptado de [60, 61]) .....	61
Figura 55 - Alcance de diferentes tipos de intervenção (adaptado de [62, 63]) .....	62
Figura 56 - Evolução do nível de qualidade de um edifício [18, 64] .....	62
Figura 57 - Tipos de intervenção num edifício [59] .....	63
Figura 58 - Evolução do nível de desempenho ao longo da vida útil de um elemento de construção (adaptado de [65, 66]) .....	64
Figura 59 - Desempenho de um elemento de construção ao longo da vida útil (adaptado de [38]) .....	64
Figura 60 - Modelos determinísticos de durabilidade (adaptado de [67]) .....	65
Figura 61 - Desempenho de um edifício ao longo do período de vida útil [68] .....	65
Figura 62 - Evolução do nível de desempenho [69] .....	66
Figura 63 - Desempenho de um edifício ao longo da vida útil [68] .....	66
Figura 64 - Curva teórica de degradação (SW) ao longo do tempo (t) com hipóteses de curvas após manutenção a tracejado [70] .....	67
Figura 65 - Curva teórica de degradação (Sw) ao longo do tempo (t) com hipóteses de curvas após manutenção a tracejado, de acordo com o momento da manutenção e os ganhos em termos de redução da degradação [70] .....	68
Figura 66 - Relação qualidade-tempo de um edifício em serviço, adotando políticas de manutenção (adaptado de [1]) .....	69
Figura 67 - Processo de degradação de um edifício com e sem intervenções de manutenção [71] .....	69
Figura 68 - Espaço para ações de manutenção de acordo com o estado de degradação (adaptado de [72]) .....	70
Figura 69 - Resultado esperado da ação de manutenção em função do período em que se realiza (adaptado de [73]) .....	71
Figura 70 - Curva de degradação e a relação com custos de manutenção [74, 75] .....	71
Figura 71 - Políticas de Manutenção [1, 27] .....	73

Figura 72 - Influência da pequena e da grande intervenção no nível de qualidade do edifício (adaptado de [1]) .....	78
Figura 73 - Relações entre o estado de degradação e as ações de manutenção (adaptado de [46]) .	78
Figura 74 - Previsão de Desempenho em função da reparação e substituição de elementos de construção (adaptado de [77]).....	79
Figura 75 - Relações Causa-Efeito e o encadeamento das suas ações nas manifestações patológicas (adaptado de [1]) .....	80
Figura 76 - Origem das anomalias, segundo relatório do CIB de 1993.....	82
Figura 77 - Distribuição dos sinistros analisados e do custo dos trabalhos de reparação de danos em função das principais causas das patologias (adaptado de [88]).....	83
Figura 78 - Distribuição dos sinistros analisados e do custo dos trabalhos de reparação de danos em função das principais patologias (adaptado de [88]) .....	83
Figura 79 - Distribuição dos sinistros analisados e do custo dos trabalhos de reparação de danos em função das principais causas das patologias (adaptado de [88]).....	84
Figura 80 - Patologias mais frequentes segundo o relatório “SYCODÉS Pathologie 2016” ([adaptado de [90]) .....	84
Figura 81 - Principais causas para o aparecimento de anomalias (adaptado de [91]) .....	85
Figura 82 - Localização dos edifícios em estudo .....	88
Figura 83 - Número de obras por ano, de acordo com o banco de dados .....	89
Figura 84 - Localização por cidade das obras em estudo .....	89
Figura 85 - Tipos de obras segundo o banco de dados em estudo .....	90
Figura 86 - Habitação Unifamiliar, obra nº 1 .....	92
Figura 87 - Habitação Unifamiliar, obra nº 2 .....	93
Figura 88 - Habitação Unifamiliar, obra nº 3 .....	93
Figura 89 - Habitação Unifamiliar, obra nº4 .....	94
Figura 90 - Habitação Unifamiliar, obra nº 5 .....	94
Figura 91 - Habitação Unifamiliar, obra nº 6 .....	95
Figura 92 - Habitação Unifamiliar, obra nº 16 .....	95
Figura 93 - Habitação Unifamiliar, obra nº 7 .....	96
Figura 94 - Habitação Unifamiliar, obra nº 8 .....	96
Figura 95 - Habitação Unifamiliar, obra nº 13 .....	97
Figura 96 - Edifícios em Espaço Rural, obra nº 15.....	98
Figura 97 - Edifício Industrial, obra nº 14.....	99
Figura 98 - Edifício de uso misto, obra nº 10 .....	101
Figura 99 - Construção de Ginásio em edifício de uso misto, obra nº 12.....	101

Figura 100 - Edifícios em Espaço Rural e edifício de fermentação, obra nº 9.....	102
Figura 101 - Edifícios em Espaço Rural, obra nº 11.....	103
Figura 102 - Organização da informação em “Excel” .....	107
Figura 103 - Utilização da ferramenta “Merge”.....	107
Figura 104 - Preenchimento automático das fichas tipo.....	108
Figura 105 - Distribuição das anomalias analisadas em função da origem das anomalias .....	109
Figura 106 – Percentagem dos custos dos trabalhos de reparação de danos em função da origem das anomalias .....	109
Figura 107 - Distribuição das anomalias analisadas em função dos elementos fontes de manutenção .....	110
Figura 108 – Percentagem dos custos dos trabalhos de reparação de danos em função dos elementos fontes de manutenção.....	111
Figura 109 - Distribuição das anomalias analisadas em função das principais patologias .....	111
Figura 110 - Distribuição das anomalias analisadas em função das principais causas.....	112
Figura 111 – Percentagem dos custos dos trabalhos de reparação de danos em função das principais patologias .....	112
Figura 112 – Percentagem dos custos dos trabalhos de reparação de danos em função das principais causas .....	113
Figura 113 - Percentagem de intervenções em função do tempo de aparecimento das anomalias ..	113
Figura 114 - Percentagem de intervenções em função do tempo de aparecimento das anomalias ..	114
Figura 115 - Percentagem de intervenções em função do tempo de aparecimento das anomalias ..	114
Figura 116 - Percentagem de intervenções em função do tempo de aparecimento das anomalias ..	115
Figura 117 – Percentagem dos custos dos trabalhos de reparação de danos em função da data de aparecimento.....	115
Figura 118 – Percentagem dos custos dos trabalhos de reparação de danos em função da data de aparecimento.....	116
Figura 119 – Percentagem dos custos dos trabalhos de reparação de danos em função da data de aparecimento .....	116
Figura 120 – Percentagem dos custos dos trabalhos de reparação de danos em função da data de aparecimento.....	117
Figura 121 - Percentagem dos custos de reparação em função do valor orçamentado, por obra .....	117
Figura 122 - Percentagem dos custos de reparação em função do valor orçamentado, por obra .....	118
Figura 123 - Distribuição das anomalias analisadas em função do tempo de execução das intervenções de reparação realizadas.....	118
Figura 124 - Distribuição das anomalias analisadas em função do tempo de execução das intervenções de reparação realizadas.....	119
Figura 125 – Percentagem dos tipos de políticas de manutenção adotadas .....	119

Figura 126 – Percentagem dos tipos de manutenção adotados.....	120
Figura 127 - Principais patologias identificadas em função da origem das anomalias .....	120
Figura 128 - Origem das anomalias em função das principais patologias .....	121
Figura 129 – Problemas em elementos fonte de manutenção em função do tempo de aparecimento das anomalias .....	122
Figura 130 – Problemas em elementos fonte de manutenção em função do tempo de aparecimento das anomalias .....	122
Figura 131 – Problemas em elementos fonte de manutenção em função do tempo de aparecimento das anomalias .....	123
Figura 132 – Problemas em elementos fonte de manutenção em função do tempo de aparecimento das anomalias .....	123
Figura 133 - Data de aparecimento das anomalias em função dos elementos fonte de manutenção	124
Figura 134 - Data de aparecimento das anomalias em função dos elementos fonte de manutenção	124
Figura 135 - Data de aparecimento das anomalias em função dos elementos fonte de manutenção	125
Figura 136 - Data de aparecimento das anomalias em função dos elementos fonte de manutenção	125
Figura 137 - Principais patologias em função dos elementos fonte de manutenção .....	126
Figura 138 - Elementos fonte de manutenção em função das principais patologias identificas.....	126
Figura 139 - Custo por intervenção em função da origem das anomalias .....	127
Figura 140 - Custos por intervenção em função dos elementos fonte de manutenção .....	127
Figura 141 - Custos por intervenção em função das principais patologias .....	128
Figura 142 - Custo por intervenção em função da data de aparecimento da anomalia.....	128
Figura 143 - Principais manifestações patológicas identificadas .....	129
Figura 144 – Intervenções de reparação realizadas em função das anomalias identificadas.....	129
Figura 145 - Modelos de degradação precoce.....	133

## **ÍNDICE DE QUADROS**

Quadro 1 - Órgãos Principais e secundários num edifício (adaptado de [4, 5]).....	28
Quadro 2 - Decomposição de um edifício em subsistemas .....	30
Quadro 3 - Vida útil das construções [39] .....	45
Quadro 4 - Camadas de durabilidade de uma construção [22, 31, 35] .....	45
Quadro 5 - Custos globais de um empreendimento [23, 32].....	46
Quadro 6 - Lista de EFM proposta por Rui Calejo [1].....	50
Quadro 7 - Lista de EFM proposta na publicação [49] .....	51
Quadro 8 - Lista de EFM proposta segundo a publicação [50] .....	52
Quadro 9 - Lista de EFM proposta segundo a publicação [51] .....	53
Quadro 10 - Critérios de avaliação de anomalias em EFM [52].....	55
Quadro 11 - Periodicidade das inspeções para elementos de fachada [52].....	76
Quadro 12 - Obras que constituem o banco de dados em estudo.....	87



## **SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS**

AECOPS – Associação de Empresas de Construção Obras Públicas e Serviços

AICCOPN – Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas

AQC – Agence Qualité Construction

ASCE – American Society of Civil Engineers

CC – Código Civil

CCP – Código dos Contratos Públicos

EFM – Elemento Fonte de Manutenção

FEPICOP - Federação Portuguesa da Indústria da Construção e Obras Públicas

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

ISO – International Organization for Standardization

LFC – Laboratório de Física das Construções

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NP – Norma Portuguesa

SYCODÉS - Système de Collecte des Désordres





# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. ENQUADRAMENTO

A insuficiência de informação de carácter teórico-metodológico no estudo da temática da manutenção de edifícios, aliado ao carácter dinâmico do léxico e a problemas de ordem semântica, próprios do uso quotidiano do conceito, emergem como obstáculos à correta asserção da manutenção como ferramenta capital na valorização do património edificado.

A multiplicidade de interpretações, os diferentes modos de se entender e compreender o assunto, no que diz respeito ao universo de aplicabilidade da manutenção de edifícios, a necessidade de agrupar áreas distintas do conhecimento e o carácter singular de cada projeto e obra, impõem a necessidade de proceder a uma análise de um conjunto alargado de casos reais, já que a análise de apenas um caso isolado impossibilitaria a realização de um diagnóstico mais geral.

Assim sendo, o procedimento compreendido como o mais correto para retirar conclusões sobre o comportamento de edifícios nos primeiros anos de serviço, na perspectiva da manutenção, passará pela análise e exploração de um banco de dados de patologias em obras de construção civil e dos respetivos custos para a sua resolução, fornecidos por uma empresa da área da construção.

A investigação sobre o ciclo de um empreendimento, com diferentes etapas e implicações no processo da manutenção de edifícios, assume um papel significativo no aprofundamento da temática em estudo. Uma vez que o banco de dados alvo de estudo diz respeito à atividade de uma empresa construtora, pretende-se perceber de que forma a conceção do projeto, o fornecimento de materiais, a execução de obras e a utilização dos edifícios poderão influenciar a qualidade das soluções empreendidas e como se podem traduzir em manifestações patológicas logo no início de vida dos edifícios e em consequentes custos inesperados.

Desta forma, a reflexão em causa constitui um elemento fundamental para melhor perceber o comportamento dos edifícios, de que forma se podem controlar erros e atenuar os seus custos inerentes, aperfeiçoar os métodos utilizados na indústria e de que forma a temática da manutenção de edifícios é fundamental para que os edifícios possam corresponder às suas exigências e expectativas.

### 1.2. MOTIVAÇÃO

A engenharia civil é uma das áreas que mais contribui, em termos práticos, para o desenvolvimento de uma sociedade, com reflexos profundos na economia nacional e na vida e bem-estar das pessoas.

Contrariamente à generalidade das restantes indústrias que se baseiam na padronização dos seus produtos e processos, a indústria da construção apresenta um carácter único e particular.

A produção concentrada em torno de produtos únicos, com projetos especificados de forma diversa e soluções de execução diferentes, recorrendo, por vezes, a mão-de-obra pouco qualificada que executa trabalhos de elevada complexidade técnica, por norma a céu aberto, em diferentes lugares geográficos, aliado a um insuficiente conhecimento técnico, podem conduzir ao aparecimento de anomalias [1].

Para além disto, o elevado número de empresas e intervenientes que se relacionam ao longo da execução da obra, com interesses e objetivos diferentes, suscitam o aumento de erros durante o processo de construção. O dono de obra pretenderá investir de forma sustentável para obter um serviço de qualidade. Por outro lado, o empreiteiro e subempreiteiros procurarão rentabilizar ao máximo as suas atividades, enquanto que os projetistas quererão realizar projetos com rigor, conformidade e qualidade em prazos reduzidos.

Assim sendo, deduz-se que a natureza característica do setor, o ambiente e os processos envolvidos e a organização da atividade podem potenciar a existência de erros na execução de um dado empreendimento e amplificar os riscos para todas as partes envolvidas no processo.

As características expostas, propícias à ineficiência do setor e à ocorrência de erros, tanto no projeto como na execução, impulsionam o número de trabalhos repetidos ou que têm de ser corrigidos, reduzindo a rentabilidade da atividade e provocando prejuízos para os elementos envolvidos no ato, em particular para as empresas de construção.

Com orçamentos gradativamente mais controlados e margens de lucro cada vez menores, o espaço para a ocorrência de erros diminuiu, pelo que, na execução de um empreendimento, as empresas de construção devem-se focar cada vez mais em assegurar níveis de qualidade, adaptados às exigências e expectativas dos clientes.

Quanto ao que diz respeito a projetistas, o controlo e deteção de erros, omissões e incompatibilidades nos projetos é fundamental para garantir o sucesso e qualidade dos edifícios.

Acima de tudo, é fundamental perceber onde as empresas falham de forma sistemática, compreender o tipo de erros e a sua origem, de que forma são constantes no tempo, e através dessa perceção implementar medidas para desenvolver de forma mais correta a sua atividade no futuro.

Além do mais, com a crescente competitividade e saturação do mercado, com a economia fragilizada e o cidadão comum cada vez mais informado, exigente e sensível a certos detalhes, tornam necessário que as empresas ligadas à atividade apostem cada vez mais em estratégias e técnicas que aumentem a produtividade e eficácia da sua atividade, privilegiando a qualidade dos seus serviços e, assim, se possam diferenciar e sustentar o seu crescimento económico.

Aliado à problemática inerente ao ato da construção, as falhas posteriores no funcionamento dos edifícios devem-se sobretudo à ausência ou ineficácia de políticas de controlo e manutenção. Em consequência do exposto, os edifícios tendem a degradar-se de forma acelerada e precoce.

Assim, compreende-se a necessidade de proceder a trabalhos de reparação ou correção de anomalias em parte do parque edificado. Aliás, tem-se identificado a existência de edifícios antigos que carecem de intervenções há um longo período de tempo por diversos motivos, mas também, constata-se que edifícios mais recentes sofrem um envelhecimento precoce, apresentando problemas no seu funcionamento desde a sua entrada em serviço.

O parque edificado de cada país é identitário do seu povo, pelo que, deve ser preservado. A discrepância entre o parque edificado e as suas exigências, a alteração das condições de habitabilidade, conforto,

durabilidade e segurança dos edifícios durante a fase de utilização, representa um grave problema com consequências na qualidade de vida da população, pelo que é de importante perceber de que modo é possível abrandar o envelhecimento dos edifícios.

A perda de confiança dos utilizadores, como resultado da degradação dos edifícios, influenciará também a imagem dos construtores, dos representantes do setor e dos promotores desses mesmos empreendimentos.

Deste modo, a manutenção surge como ferramenta essencial para garantir o bom funcionamento de todos os componentes de um edifício, para manter uma boa apresentação e transmitir segurança e confiança aos seus utilizadores.

Contudo, a área da manutenção de edifícios, em Portugal, tem ainda um peso muito reduzido em comparação com outros países europeus para aquilo que são as necessidades do parque edificado português.

O estudo e aprofundamento do conhecimento do comportamento e da deterioração precoce dos edifícios é algo necessário para que se compreendam e se definam as intervenções que melhor se adaptam às necessidades que deverão ser realizadas para melhorar o funcionamento dos edifícios. Para que isto seja concretizável, é preciso identificar as causas e origem das anomalias, através de um levantamento e caracterização construtiva dos edifícios. Este tipo de diagnósticos, que retratem com rigor o quadro patológico dos edifícios, é indispensável para encontrar soluções que eliminem ou minimizem as anomalias identificadas e se evite a sua progressão.

Porém, a informação existente e disponível é ainda insuficiente, o que dificulta esse trabalho.

A elaboração da dissertação em ambiente empresarial revela-se de grande utilidade no que diz respeito ao levantamento deste tipo de informação, que muitas vezes está inacessível. O contacto empresarial, por si só recompensador pelo ganho de sensibilidade em muitas vertentes do funcionamento de uma empresa, tornou-se uma constante ao longo desta dissertação, já que a recolha e tratamento de informação desta natureza assim o impôs. A consulta de projetos e dezenas de dossiês respeitantes às obras em estudo, a procura de informação, que em alguns casos não se encontrava facilmente disponível ou era mesmo inexistente, e o contacto com os administradores, que com grande disponibilidade auxiliaram o levantamento dos dados, caracterizaram muito desta experiência, que teve como objetivo primordial contribuir para melhorar a atividade no setor.

Posto isto, cabe aos conhecedores e estudiosos da área procurar respostas e encontrar instrumentos eficazes para que se possa efetivamente melhorar as condições de funcionamento dos edifícios e torná-los exatamente aquilo que deveriam ser, de modo a aumentar a sua vida útil e melhorar a qualidade de vida daqueles que os utilizam.

A elaboração da presente dissertação nasce precisamente desse desejo e da necessidade de o tornar concretizável.

Assim, estudando o universo da degradação precoce de edifícios e a sua manutenção, pretende-se dinamizar em Portugal a realização de investigação associada a esses domínios, ajudar na resolução de problemas típicos da área e contribuir de alguma forma para o desenvolvimento do setor e da investigação nas temáticas em que se inclui o objeto da dissertação.

### 1.3. PROBLEMÁTICA

A entrada em utilização de edifícios é, muitas vezes, acompanhada por defeitos e pelo aparecimento de patologias, normalmente associados a erros de projeto e execução.

O dono de obra, perante os elevados investimentos que realiza na construção de um empreendimento, tem a expectativa de obter um produto com alto nível de qualidade, porém a realidade, em certos casos, acaba por ser diferente, obrigando-o a proceder a reparações.

A garantia da qualidade no setor da construção tem sido uma preocupação constante e um dos temas mais debatidos. A par disto, discute-se muito, também, a criação de sistemas mais eficazes de responsabilização dos diferentes intervenientes no processo construtivo, através da introdução de garantias para a cobertura de danos na construção.

Contudo, nos sistemas atualmente em vigor encontram-se ainda muitas lacunas em relação à responsabilidade que devem ter os diversos intervenientes de uma obra, acabando por maioritariamente os erros recaírem sobre os empreiteiros.

O artigo 397º do Código dos Contratos Públicos, CCP, expõe que [2]:

- “Na data da assinatura do auto de receção provisória inicia-se o prazo de garantia, durante o qual o empreiteiro está obrigado a corrigir todos os defeitos da obra.”
- “O prazo de garantia varia de acordo com o defeito da obra, nos seguintes termos:
  - a) 10 anos, no caso de defeitos relativos a elementos construtivos estruturais;
  - b) 5 anos, no caso de defeitos relativos a elementos construtivos não estruturais ou a instalações técnicas;
  - c) 2 anos, no caso de defeitos relativos a equipamentos afetos à obra, mas dela autonomizáveis;”

Também, pelo exposto no artigo 1225º, artigo 1º, do Código Civil [3], refere-se, em relação a imóveis destinados a longa duração, o seguinte: “Sem prejuízo do disposto nos artigos 1219.º e seguintes, se a empreitada tiver por objecto a construção, modificação ou reparação de edifícios ou outros imóveis destinados por sua natureza a longa duração e, no decurso de cinco anos a contar da entrega, ou no decurso do prazo de garantia convencionado, a obra, por vício do solo ou da construção, modificação ou reparação, ou por erros na execução dos trabalhos, ruir total ou parcialmente, ou apresentar defeitos, o empreiteiro é responsável pelo prejuízo causado ao dono da obra ou a terceiro adquirente.”

Com isto, depreende-se que existe um prazo legal de garantia, período em que o empreiteiro deve responder pelos danos causados ao dono de obra que sejam decorrentes do exposto no artigo.

Os decretos-lei têm vindo a sofrer alterações ao longo dos últimos anos, principalmente decorrentes da crise económica que afetou o país em 2008. Para além disso, representantes do setor e diversas entidades como a FEPICOP, AECOPS, AICCOPN, entre outras, têm apresentando ao longo dos últimos 20 anos, muitas críticas em relação às leis em vigor, nomeadamente no que diz respeito à liberação das cauções. Por um lado, estas instituições defenderam nos últimos anos a libertação mais rápida das cauções, dado que as empresas do setor da construção passavam grandes dificuldades. Por outro lado, alguns autores defendem que deveríamos ter em Portugal um sistema de responsabilidades, garantias e seguros mais rígido, semelhante ao francês, que assegurasse a garantia de responsabilidade dos intervenientes e respetiva indemnização durante dez anos, após a conclusão da obra.

De qualquer das formas, as reclamações de defeitos em construções, ainda no prazo de garantia, têm-se vindo a acumular, sabendo-se que, muitas vezes, os problemas daí provenientes apenas são solucionados em tribunal, em processos que pecam pela morosidade.

Entende-se que a melhoria da qualidade da construção e a confiança no setor passará pela criação de um sistema de análise eficaz, aplicado à realidade da construção, em que se avaliam os principais defeitos e patologias que afetam o funcionamento dos edifícios.

Contudo, os dados relativos a erros, defeitos e patologias na construção apenas são encontrados em trabalhos de investigação pontuais, através dos quais não é possível retirar conclusões verdadeiramente precisas, já que retratam apenas um universo de amostras bastante reduzido. Dessa forma, destaca-se a inexistência, em Portugal, de um verdadeiro sistema de recolha de dados de defeitos e patologias, o que impossibilita a implementação de medidas que permitam abrandar o envelhecimento precoce dos edifícios. Para além disso, compreende-se que o conhecimento nesta área se encontra disperso, pelo que é preciso fazer um estudo aprofundado do comportamento dos edifícios, de forma a aglutinar toda a informação.

Assim sendo, existe uma dupla problemática, o que motiva que se faça um levantamento detalhado da informação sobre o comportamento dos edifícios e se crie uma metodologia de estudo e recolha de dados de patologias, com o objetivo de perceber quais as causas que as provocam, em que elementos construtivos ocorrem e quais os recursos económicos necessários para proceder a intervenções de reparação. Dessa forma, seria possível identificar os principais problemas associados à degradação de edifícios, identificar as principais falhas decorrentes do processo construtivo, a natureza dos problemas, como e por que custo podem ser solucionados, ajudando, assim, todos os responsáveis do setor a desenvolverem de forma mais sustentável a sua atividade e contribuindo para o bom funcionamento dos edifícios e melhoria da qualidade de vida daqueles que os usam.

#### **1.4. ÂMBITO**

Os estudos incidiram na temática da manutenção e patologia de edifícios.

O trabalho realizado baseou-se no estudo de bibliografia diversa sobre as temáticas em causa e na exploração de um banco de dados de obras de construção civil obtido junto de uma empresa de engenharia e construção.

Os edifícios em estudo situam-se maioritariamente na região Norte do país, mais predominantemente no distrito do Porto, e dizem respeito a edifícios habitacionais e industriais, com as suas características funcionais e construtivas próprias, mas relativamente semelhantes em alguns dos casos.

No conjunto das 16 obras em causa, com idades, orçamentos e necessidades de manutenção diferentes, procurou-se identificar as causas e erros que originaram as patologias identificadas, examinar as intervenções realizadas no sentido de resolver os problemas encontrados e registar os custos dessas mesmas intervenções. Dessa forma, pretende-se proceder à realização de um diagnóstico adequado e analisar os custos associados à manutenção dos edifícios.

Dada a particularidade do processo construtivo, a investigação debruçar-se-á, também, sobre as diferentes fases do ciclo de um empreendimento e as suas implicações no funcionamento e manutenção de edifícios.

As conclusões a obter, dado a limitação do número de casos, só poderão ser válidas no âmbito da amostra em estudo, compreendendo-se, contudo, que o método proposto poderá ser universal.

## 1.5. OBJETIVOS

A presente dissertação tem como objetivo o estudo da degradação precoce de edifícios, em prazo de garantia, ou seja, logo após a sua entrada em funcionamento.

Através do levantamento e análise de anomalias e patologias dos diferentes edifícios, pretende-se perceber quais as principais causas e erros associados ao mau funcionamento e envelhecimento precoce dos edifícios, em que tipo de elementos ocorrem e que tipo de intervenções devem ser realizadas para resolver os problemas, de forma a criar uma metodologia da manutenção de edifícios. Em paralelo, é fundamental elaborar uma síntese do conhecimento no domínio investigado, com o objetivo de resumir os principais conceitos relacionados com a temática em estudo.

Dessa forma, o objetivo passa por tirar conclusões quanto ao comportamento e degradação verificado nos edifícios nos primeiros anos de utilização, refletindo-se, também, quanto à qualidade da construção, aos custos com a sua manutenção e de que forma as diferentes fases do ciclo de um empreendimento influenciam a manutenção de edifícios.

## 1.6. MÉTODO CIENTÍFICO

A palavra ciência deriva etimologicamente do latim “*scientia*”, que significa sabedoria, conhecimento. Assim sendo, através da ciência produz-se conhecimento, condição primordial para se compreender o mundo e tudo aquilo que o envolve. O processo de produção de conhecimento deve respeitar um procedimento metódico, o método científico.

O termo método, originário do grego “*methodos*”, simboliza “*o caminho que permite chegar a um fim*”. Por outras palavras, expressa a linha de raciocínio que se deve adotar para se alcançar um determinado objetivo, um determinado conhecimento válido e verdadeiro.

Da análise da origem e etimologia das palavras poderá dizer-se, então, que a ciência é o conhecimento adquirido por meio da utilização de um método.

O conhecimento científico possibilita ao Homem o domínio da natureza, através da investigação e consequente compreensão dos seus fenómenos e manifestações, e o método permite organizar, selecionar e adequar as práticas e técnicas a utilizar nessa investigação.

Na aplicação do método científico são criadas teses, estabelecidas reflexões com base em hipóteses falseáveis e constituídas conclusões sobre uma área de conhecimento, estabelecendo-se a sua validade ou não.

Desde a antiguidade clássica, filósofos e cientistas procuraram definir métodos aplicáveis a todas as áreas do saber e defenderam perspectivas diferentes sobre a forma mais correta de obter conhecimento, pelo que, hoje, existem diferentes tipos e abordagens de métodos científicos.

Tendo em conta a evolução histórica da ciência e do método científico, e sendo a presente dissertação um trabalho de cariz científico, que tem como objetivo produzir conhecimento através de métodos válidos, adaptou-se uma metodologia à realidade dos edifícios em serviço, desenvolvendo-se as seguintes etapas:

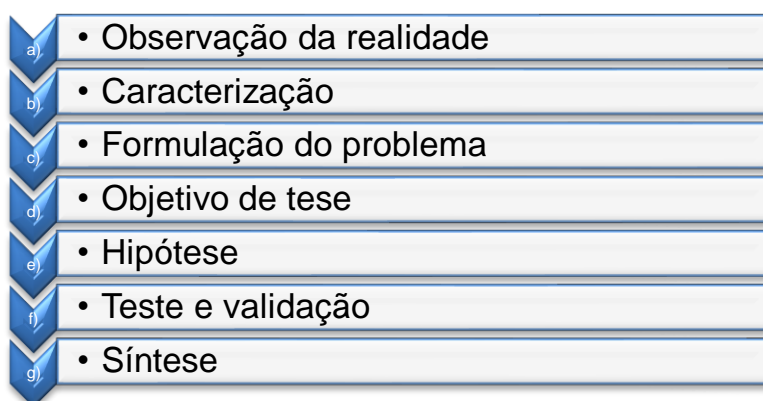


Figura 1 - Metodologia Científica Proposta

De cada uma das fases referidas, importa identificar o trabalho desenvolvido em cada uma delas, pelo que se destaca:

a) Observação da realidade

- Com esse intuito, compreendeu-se analisar um conjunto de edifícios de natureza diferente, no sentido de retirar informação pertinente. Assim, procedeu-se à análise e exploração de uma base de dados sobre a construção desses edifícios, ao levantamento de patologias, à formulação de um diagnóstico e à listagem das consequentes intervenções realizadas durante o prazo de garantia, assim como à verificação dos custos de tais intervenções. Em paralelo, procedeu-se à revisão de bibliografia de interesse.

b) Caracterização

Das características dos edifícios em estudo destacaram-se:

- A influência na qualidade de vida dos utentes;
- O valor patrimonial;
- As ineficiências quanto à utilização;
- O envelhecimento devido a circunstâncias diversas;
- A necessidade de recursos económicos;
- A suscetibilidade a acidentes;
- A utilização pouco intuitiva;
- As fragilidades ainda que ocultas;

c) Formulação do problema

- Os edifícios em serviço e os seus elementos tendem a degradar-se e influenciam a qualidade de vida dos seus utentes;
- Requerem elevados custos para funcionarem corretamente;
- Os erros associados ao projeto e à execução penalizam dono de obra e empreiteiro;

d) Objetivo de tese

- Compreender o envelhecimento precoce de um edifício através de metodologias no âmbito da manutenção e das tecnologias construtivas;

e) Hipótese

- De forma a abrandar o envelhecimento precoce dos edifícios é necessário analisar as tecnologias construtivas para melhorar o desempenho das soluções construídas, avaliar a vertente económica no diz respeito aos fundos disponíveis, sensibilizar os utentes para a boa utilização do edifício e estudar os fenómenos das manifestações patológicas;

f) Teste e validação

O teste e a validação consistiram em:

- Desenvolver mecanismos que possam ser determinantes na melhoria dos processos de execução de obras e manutenção de edifícios, apresentando teses sobre o comportamento de edifícios em que se reduz o “todo” a elementos mais simples face às patologias identificadas (Elementos fonte manutenção – EFM). Daí, pretende-se desenvolver uma avaliação técnico-económica de forma a identificar os custos associados às anomalias identificadas;

g) Síntese

A síntese é realizada no capítulo final onde se expõem as principais conclusões resultantes da investigação;

## **1.7. ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

A presente dissertação está estruturada em 5 capítulos, bibliografia e anexos.

No capítulo 1, faz-se uma apresentação sintética de todo o trabalho desenvolvido, através do enquadramento do tema, as motivações para o seu desenvolvimento, o âmbito e objetivos e a organização da dissertação.

O capítulo 2 constitui a síntese do conhecimento no domínio investigado. O conteúdo apresentado nesses capítulos assenta na bibliografia consultada e destina-se a servir de suporte genérico ao trabalho específico de investigação desenvolvido e que se descreve nos capítulos seguintes. Analisa-se sobretudo a temática da degradação de edifícios e resumem-se os principais conceitos relacionados com a manutenção de edifícios. Apresenta-se uma reflexão sobre a situação da investigação neste domínio e faz-se uma pequena síntese das principais noções e definições relacionadas com o conceito.

No capítulo 3, apresenta-se a descrição sumária das obras em estudo.

No capítulo 4, elabora-se uma análise aos dados recolhidos e obtidos através da aplicação da metodologia proposta.

No capítulo 5, encerra-se a presente dissertação com a exposição das principais conclusões resultantes da investigação realizada, a avaliação do cumprimento dos objetivos propostos e a proposição das principais diretrizes a desenvolver no futuro.

Por fim, encontram-se as referências bibliográficas e anexos, que contêm as fichas de diagnóstico e intervenção realizadas para cada uma das anomalias em estudo.



## 2

## SÍNTESE DO CONHECIMENTO

## 2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo destina-se a apresentar os principais conceitos relacionados com o domínio investigado, destacando-se, no que diz respeito à abordagem dos edifícios, as temáticas da degradação de edifícios, nomeadamente a deterioração precoce, da manutenção de edifícios e dos fenómenos patológicos.

Com esse objetivo, do ponto de vista da consulta bibliográfica, destacam-se a produção de conhecimento por via da realização de dissertações de mestrado, de artigos e de informação de conferências publicadas em jornais, revistas científicas e livros. Para além disso, também a consulta de normas e legislação nacional e internacional se tornou fundamental, destacando-se documentos editados em português, francês e inglês.

## 2.1.1. BIBLIOMETRIA

Com o intuito de entender de que forma tem evoluído a produção de conhecimento sobre a degradação e manutenção de edifícios e quais os principais avanços e desenvolvimentos sobre a problemática em estudo, realizou-se um estudo bibliométrico.

Primeiramente, procurou-se identificar as principais editoras e revistas científicas no que concerne à publicação de artigos no domínio da engenharia civil e da construção de edifícios, tarefa realizada com auxílio do site da “Scopus”.

No que diz respeito a editoras, obteve-se a seguinte informação:

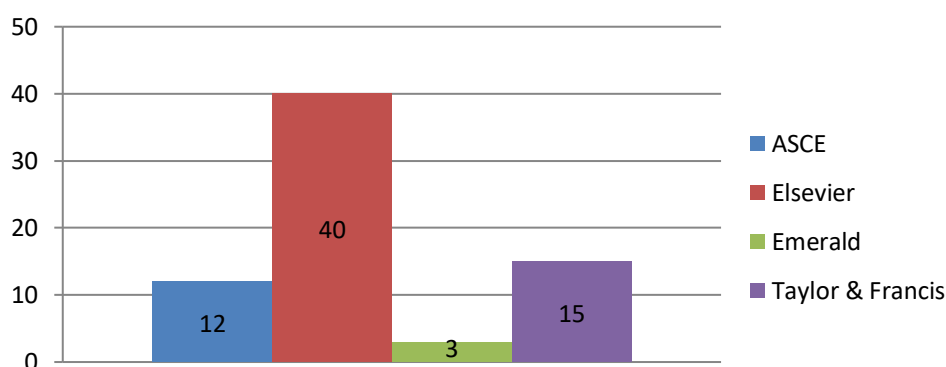


Figura 2 - Número de revistas científicas, no primeiro quartil das pontuações mais elevadas em relação a citações obtidas em 2018, por editora

Destacaram-se, assim, quatro editoras das revistas científicas mais citadas:

- ASCE
- Elsevier
- Emerald
- Taylor & Francis

Conclui-se facilmente que a Elsevier lidera claramente no que diz respeito à produção de revistas científicas com mais destaque.

Em relação a revistas científicas propriamente ditas, foi possível criar a seguinte informação com algumas das principais e mais citadas, em 2018:

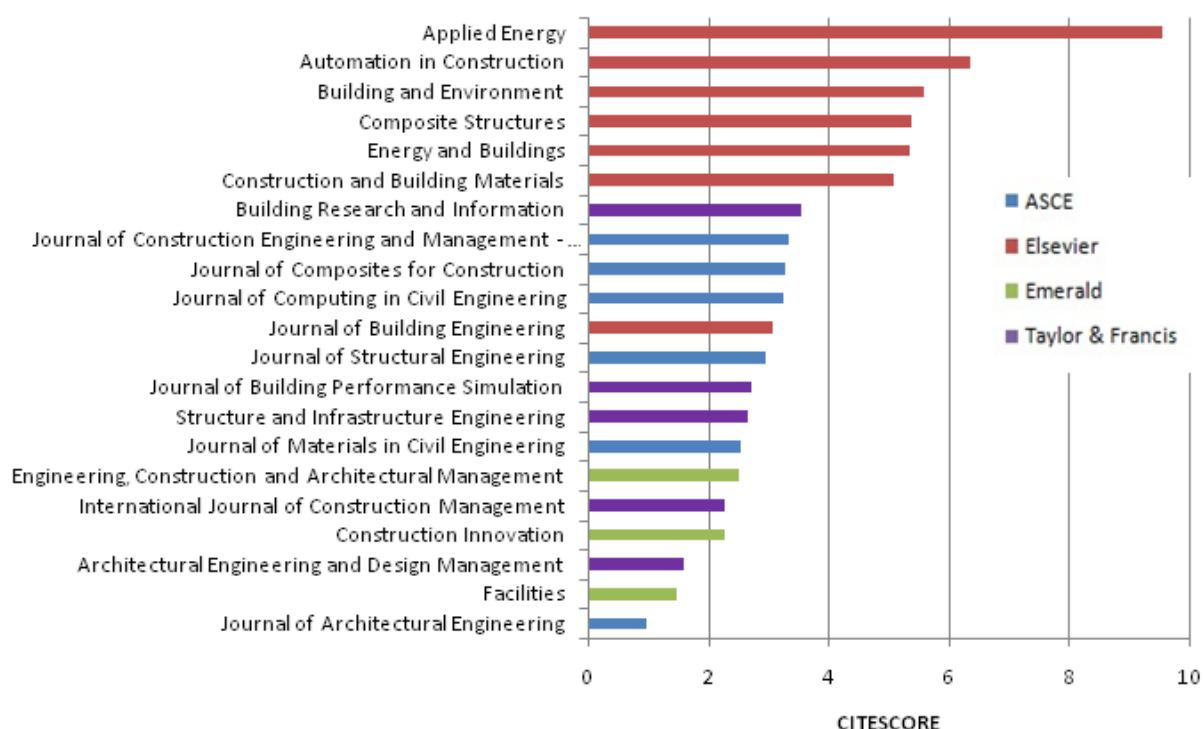


Figura 3 - Pontuação em relação às citações obtidas das principais revistas em 2018, segundo editora

Mais uma vez, salienta-se que a Elsevier é a editora com as revistas científicas mais citadas.

A partir das editoras e revistas identificadas torna-se mais fácil procurar artigos científicos que tenham interesse para a investigação em causa.

Uma vez que existe uma grande quantidade de artigos disponíveis, foi necessário escolher algumas palavras-chave que orientem a pesquisa e filtrem aquilo que se pretende encontrar. Dado que a temática em estudo relaciona-se com a degradação precoce dos edifícios e a manutenção, definiram-se, em inglês de forma a encontrar o maior número de amostras, as seguintes pesquisas:

- A) - “(Degradation Or Deterioration or Pathology Or Decline Or Decay Or Decadence) AND (Building Or House or Housing or Apartment or School)” AND NOT (Initial Or Early or Premature)”

- B) - “(Degradation Or Deterioration Or Pathology Or Decline Or Decay Or Decadence) and (Building Or House Or Housing Or Apartment Or School) AND (Initial OR Early Or Premature)”
- C) - “Building Maintenance”

Essencialmente, procurou-se identificar todos os resultados passíveis de abordar a temática da degradação precoce de edifícios através da pesquisa B. A utilização de demasiados termos idênticos e de vocábulos que remetem para a degradação inicial torna-se, por isso, fundamental para identificar todos os artigos científicos.

Na pesquisa A averiguou-se a existência de artigos sobre a degradação de edifícios no geral, omitindo qualquer referência passível de expor a degradação nos primeiros anos de utilização, de forma a conseguir comparar como têm evoluído as duas subtemáticas.

Por último, na pesquisa C, explorou-se a existência de artigos no domínio da manutenção de edifícios.

Desta forma, pretende-se explorar a formação de conhecimento nestas temáticas, sendo possível também distinguir possíveis diferenças na produção de conhecimento da degradação de edifícios ao longo da sua vida útil. Como resultado das três pesquisas realizadas destaca-se a seguinte informação:

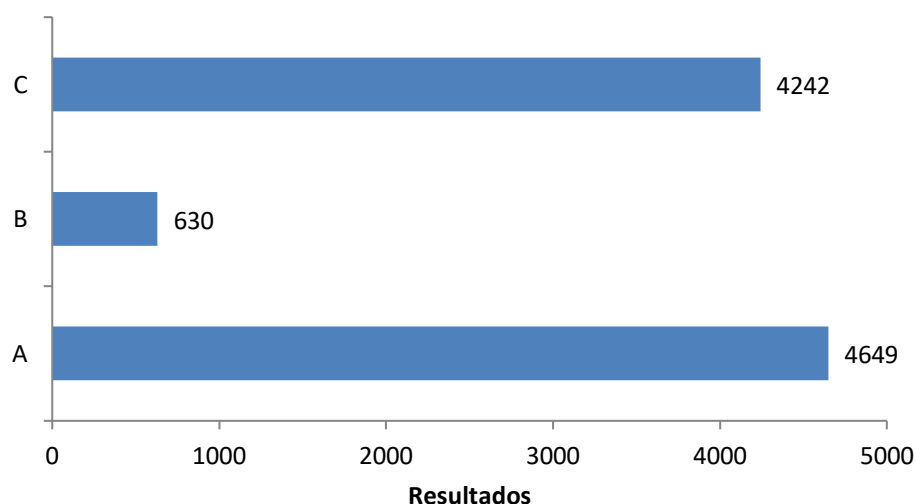


Figura 4 - Número de documentos em revistas científicas

Denota-se uma clara diferença entre o estudo da degradação de edifícios na sua generalidade e a degradação inicial de edifícios. De facto, comparando os valores das amostras A e B, conclui-se que o número de documentos existente sobre a degradação inicial de edifícios corresponde a pouco mais de 10% do número de documentos sobre a degradação dos edifícios a longo prazo. Daqui conclui-se que a investigação sobre a degradação precoce de edifícios encontra-se ainda num estado embrionário.

#### 2.1.1.1. EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO NO ÂMBITO DA DEGRADAÇÃO DE EDIFÍCIOS NA GENERALIDADE

Do estudo da “degradação de edifícios” na sua generalidade (pesquisa A) destacam-se as seguintes informações:

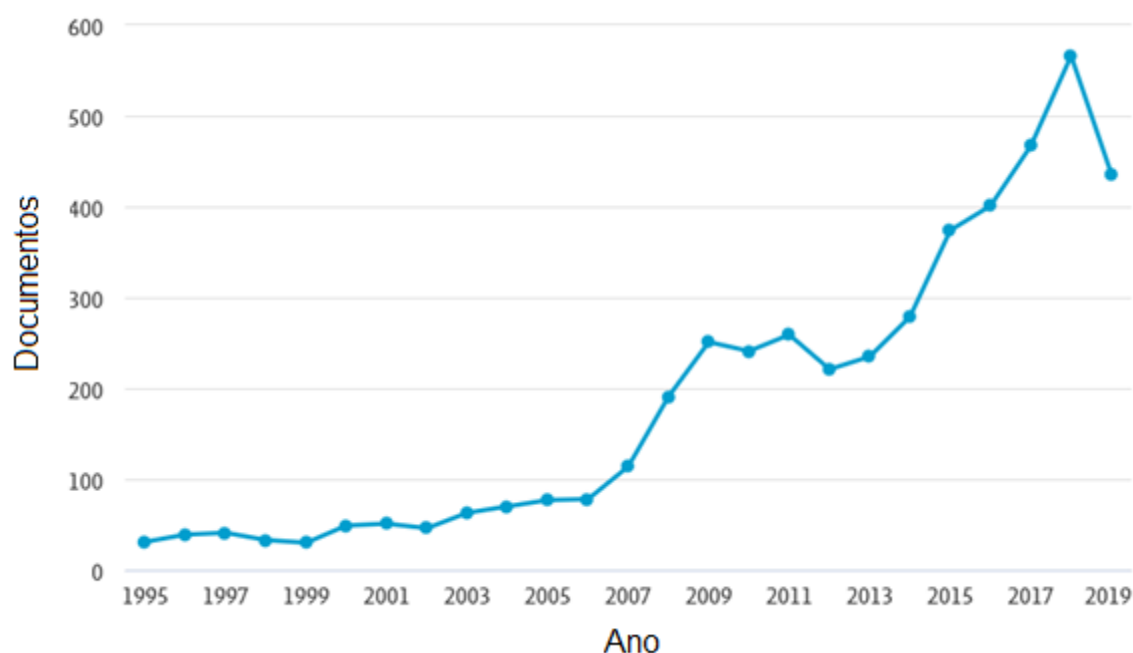


Figura 5 - Número de documentos publicados por ano, sobre a degradação de edifícios no geral (extraído do site SCOPUS)

Verifica-se que, no que diz respeito à temática da degradação de edifícios na sua generalidade, a produção de conhecimento tem vindo a aumentar ao longo dos últimos 25 anos, tendo praticamente sextuplicado nos últimos 10 anos.

Dos autores que mais artigos publicaram sobre a temática da degradação de edifícios no geral, destacam-se os autores portugueses, que lideram este ranking, Ana Silva e Jorge de Brito. Para além destes, também de destacar a presença de outros autores portugueses, Inês Flores-Colen e Pedro Gaspar. A figura 6 apresenta o número de documentos por autor sobre a temática abordada.

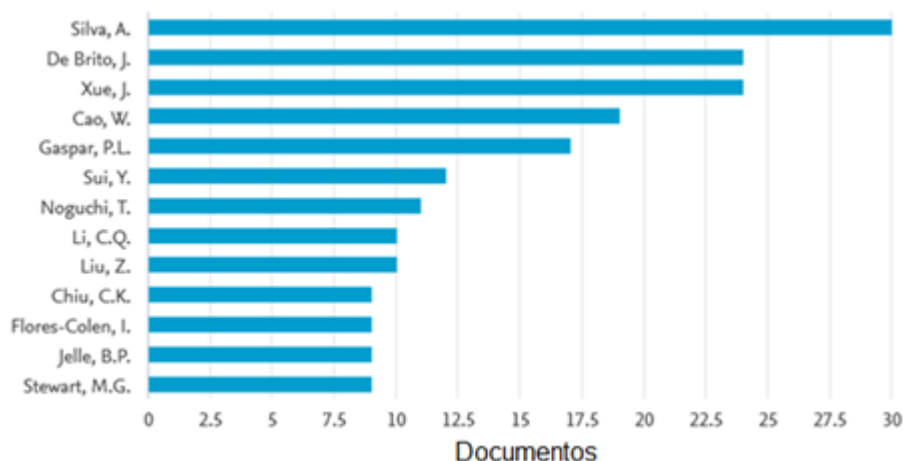


Figura 6 - Número de documentos publicados, por autor, sobre a degradação dos edifícios no geral (extraído do site SCOPUS)

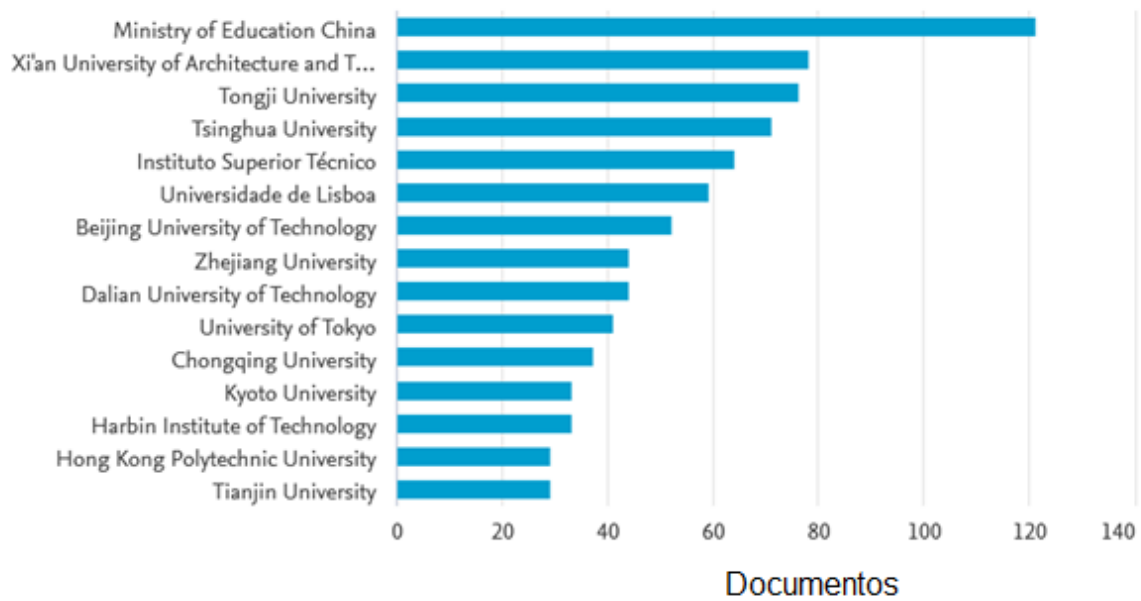


Figura 7 - Documentos publicados por instituição, sobre a degradação de edifícios no geral (extraído do site SCOPUS)

No que concerne a instituições, nomeadamente universidades e faculdades, destaca-se que a China domina o número de documentos produzidos e existe uma grande tendência para que no continente asiático as universidades produzam muitos documentos no âmbito da degradação dos edifícios. Destaca-se, neste ranking, a presença do Instituto Superior Técnico de Lisboa e a Universidade de Lisboa.

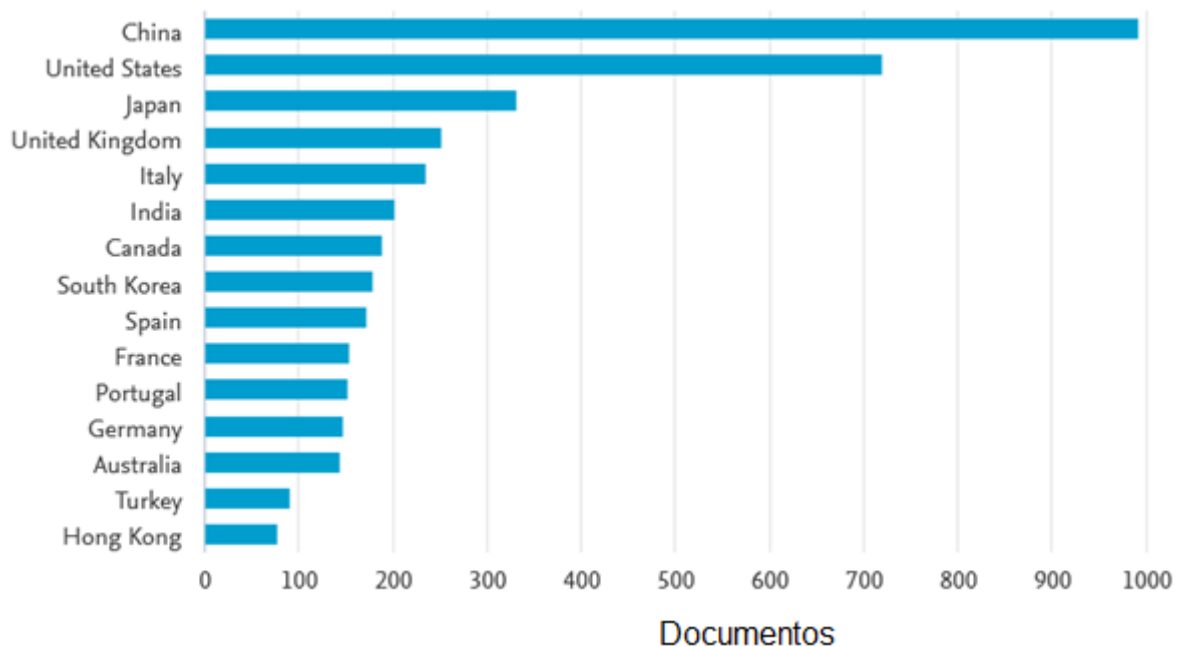


Figura 8 - Documentos publicados por país, sobre a degradação de edifícios no geral (extraído do site SCOPUS)

Do gráfico anterior, é visível a tendência da China aparecer em destaque como país que mais documentos publica, seguido pelos Estados Unidos. Portugal aparece no ranking, sendo um sinal positivo a identificar.

Poder-se-á, também, averiguar que revistas científicas têm publicado mais artigos sobre a degradação de edifícios no geral, como se mostra de seguida.

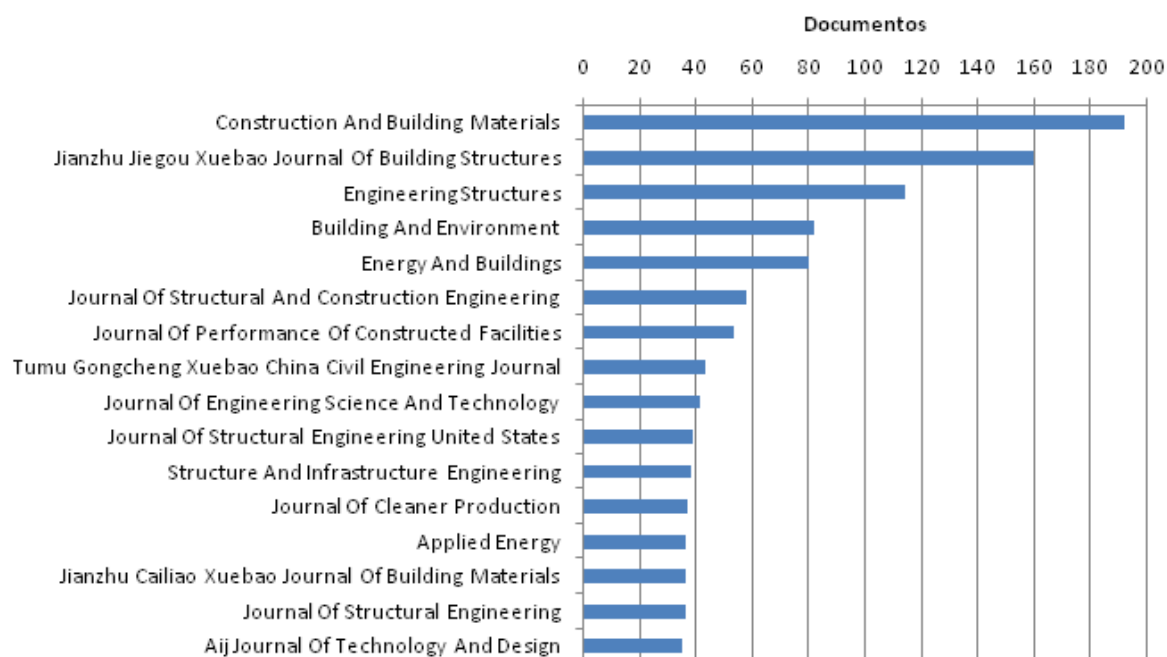


Figura 9 - Documentos publicados por revista científica, sobre a degradação de edifícios no geral

Da pesquisa efetuada, denota-se que em relação à utilização de palavras-chave, o estudo da degradação de edifícios tem sido muito direcionado para o estudo da degradação de estruturas em betão armado, para fenómenos sísmicos e para problemas concretos como humidade, entre outros. Porventura, faltarão estudos mais genéricos sobre o ciclo de vida dos edifícios e dos seus elementos, já que aquilo que se interpretou é que o estudo tem sido demasiadamente direcionado a questões muito particulares e específicas, podendo, por vezes, não ser o melhor contributo para o estudo da degradação de edifícios no seu todo. Apresenta-se de seguida a informação referida.

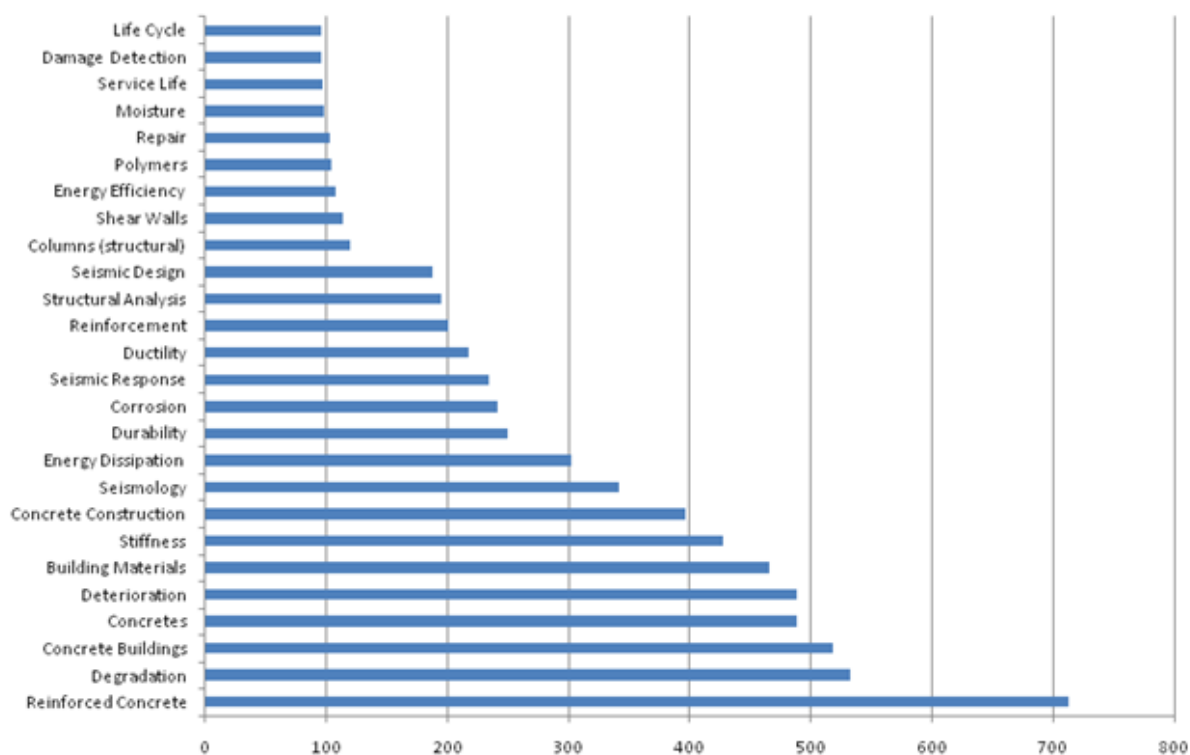


Figura 10 - Palavras-chave utilizadas em documentos publicados sobre a degradação de edifícios no geral

Em Portugal, a produção de conhecimento na área da degradação dos edifícios no geral, apresenta as seguintes características:

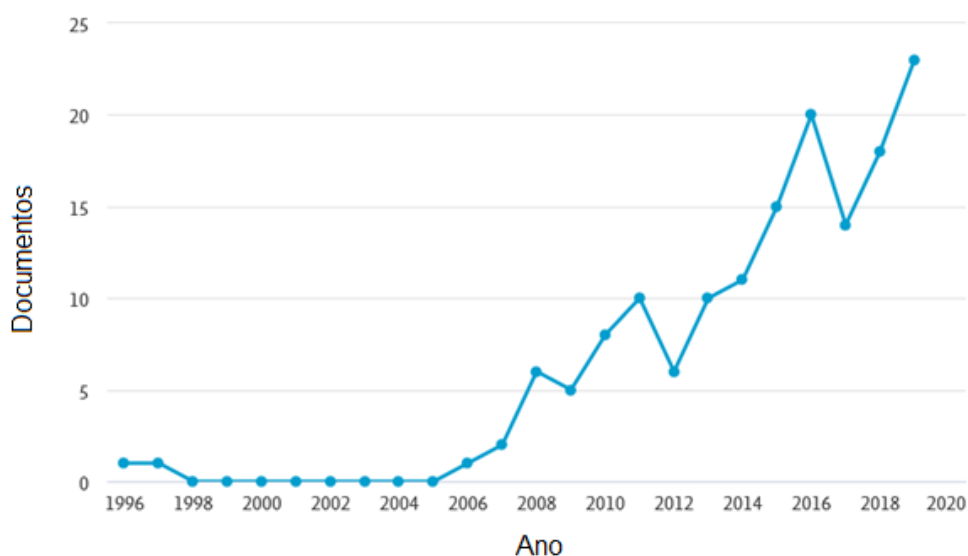


Figura 11 - Documentos publicados por ano em Portugal, sobre a degradação de edifícios no geral (extraído do site SCOPUS)

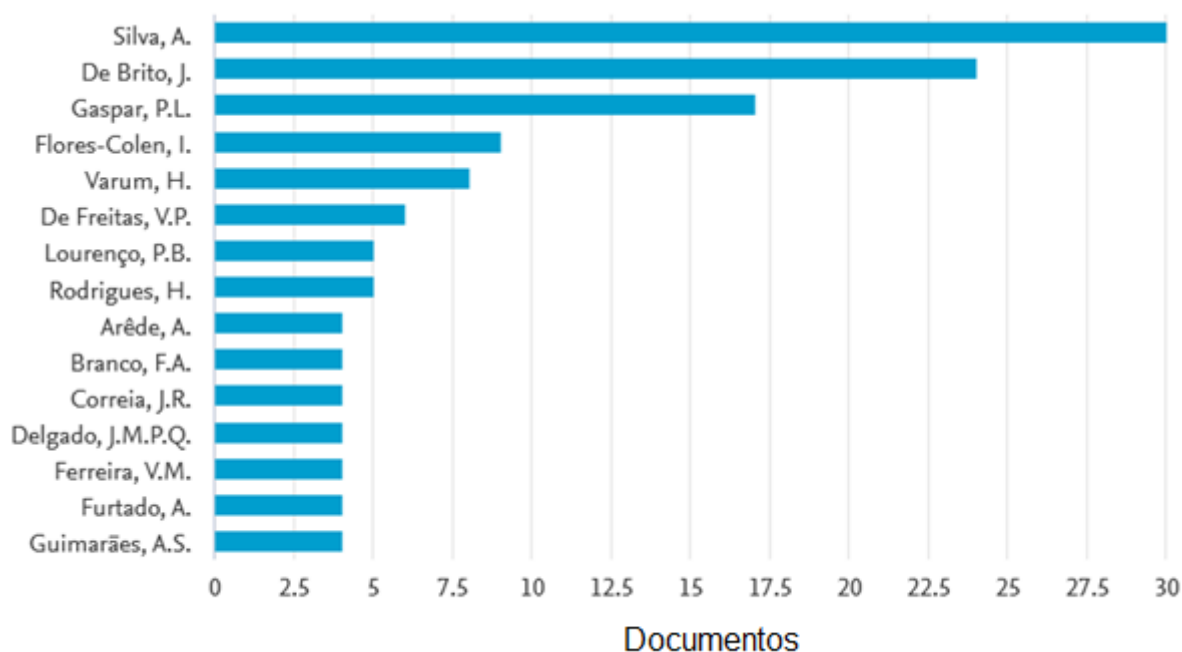


Figura 12 - Documentos publicados por autores Portugueses, sobre a degradação de edifícios no geral (extraído do site SCOPUS)

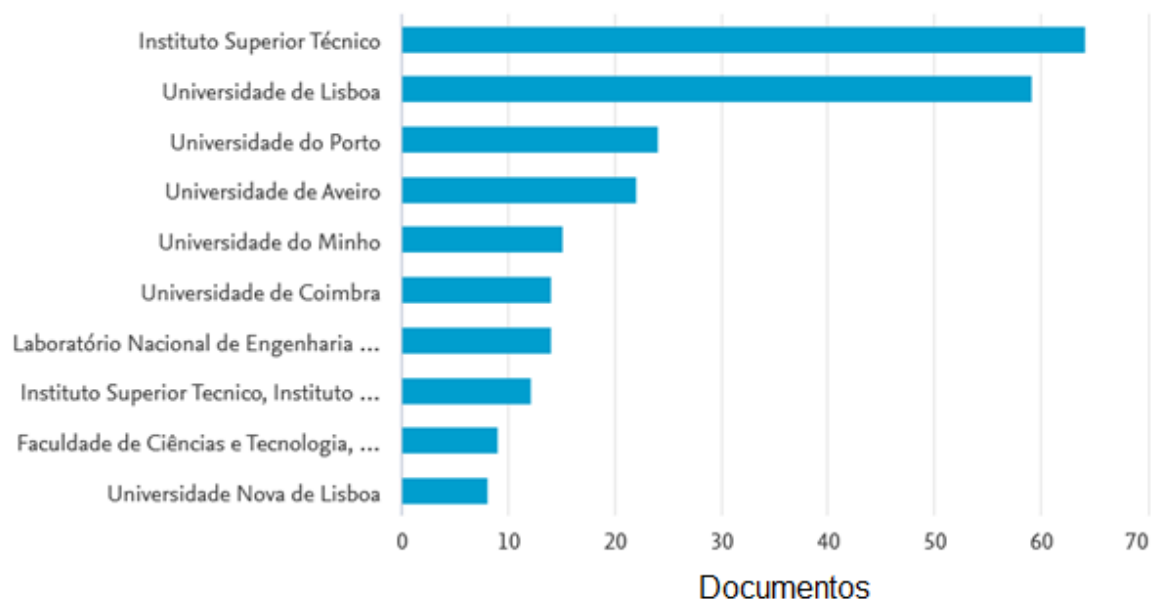


Figura 13 - Documentos publicados por instituições portuguesas, sobre a degradação de edifícios no geral

Das imagens anteriores, conclui-se que ocorreu um aumento no número de documentos publicados sobre a temática, principalmente nos últimos 10 anos. Ainda assim, os documentos produzidos continuam a ser reduzidos, sendo preciso que haja mais investigação. As universidades de Lisboa e Porto são as principais produtoras de conhecimento na área.



## 2.1.1.2. EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO NO ÂMBITO DA DEGRADAÇÃO PRECOCE DE EDIFÍCIOS

Em relação à pesquisa B, que incide sobre a “degradação inicial e precoce dos edifícios”, destacam-se as seguintes informações:

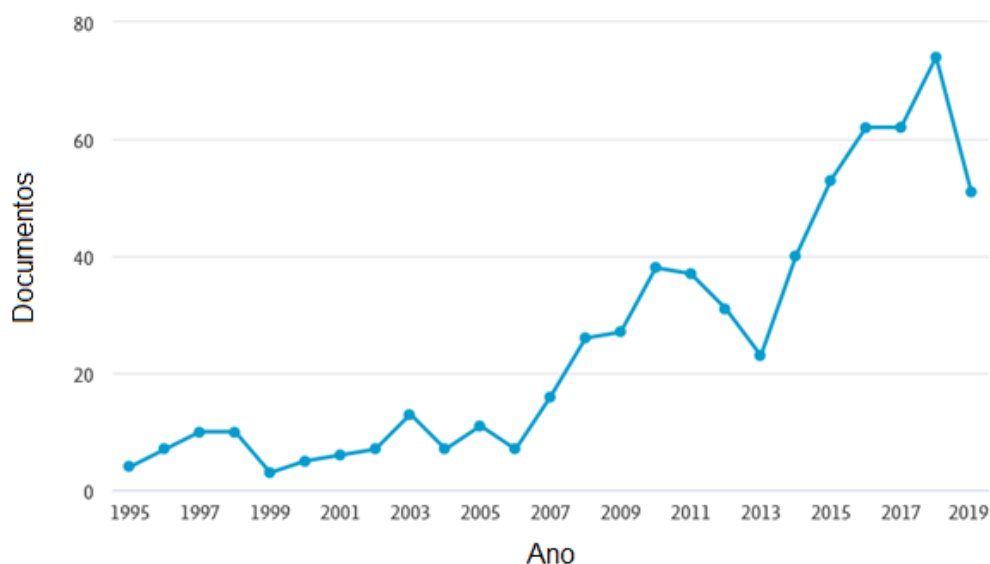


Figura 14 - Número de documentos publicados por ano, sobre a degradação precoce de edifícios (extraído de site SCOPUS)

Nos últimos 10 anos, o número de documentos produzidos duplicou. Contudo, denota-se ainda, comparativamente com outras temáticas, um número reduzido de documentos.

Tal como verificado para a pesquisa sobre a degradação dos edifícios no geral, em relação à deterioração precoce salienta-se que a maior parte dos documentos produzidos têm origem em entidades da China e o continente asiático é o que mais tem contribuído para a produção de conhecimento, como se verifica nas figuras seguintes. Destaca-se ainda a presença das Universidades de Lisboa e Porto no ranking das instituições com mais documentos produzidos.

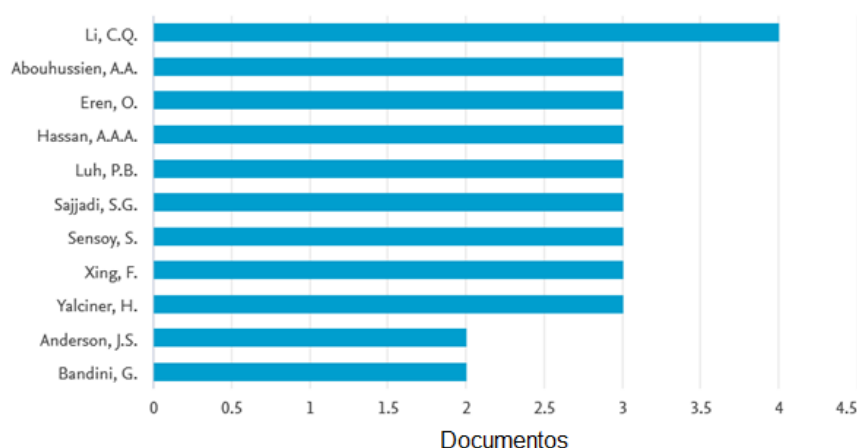


Figura 15 - Número de documentos publicados, por autor, sobre a degradação precoce de edifícios (extraído do site SCOPUS)

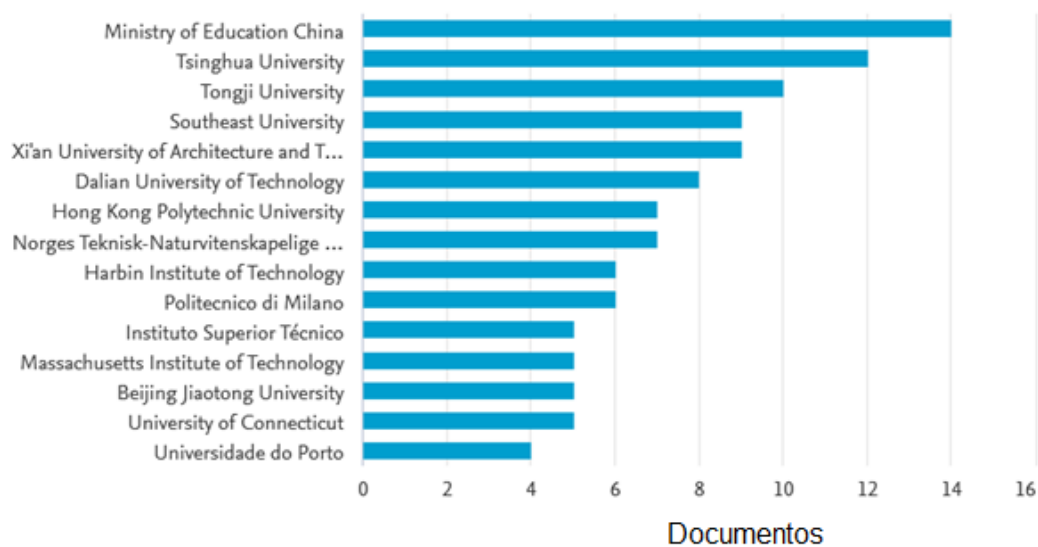


Figura 16 - Documentos publicados por instituição, sobre a degradação precoce de edifícios (extraído do site SCOPUS)

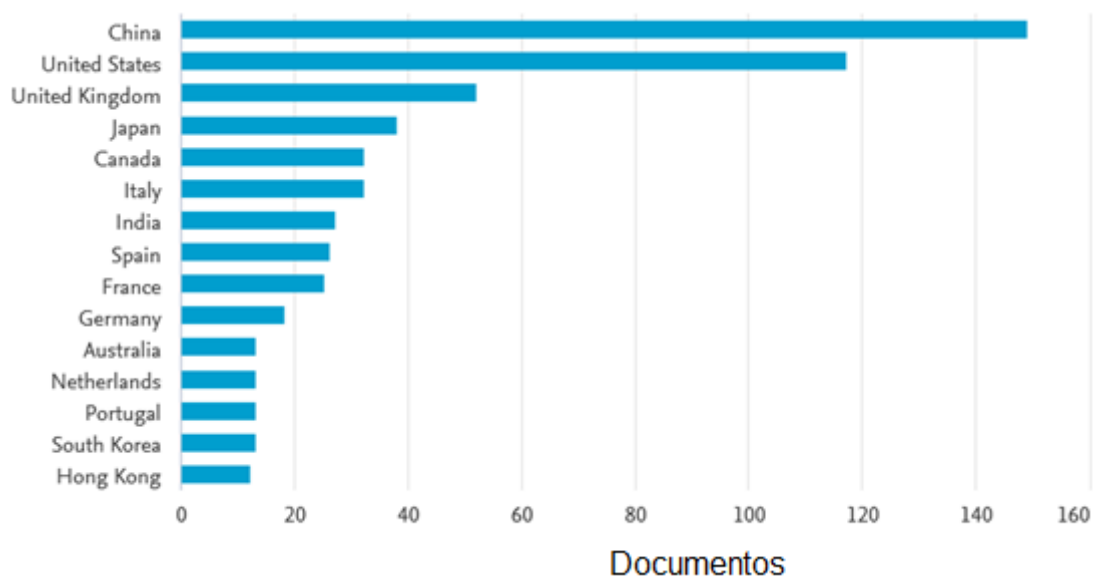


Figura 17 - Documentos publicados por país, sobre a degradação precoce de edifícios (extraído do site SCOPUS)

Apresentam-se de seguida as revistas com mais artigos publicados sobre a degradação precoce de edifícios.

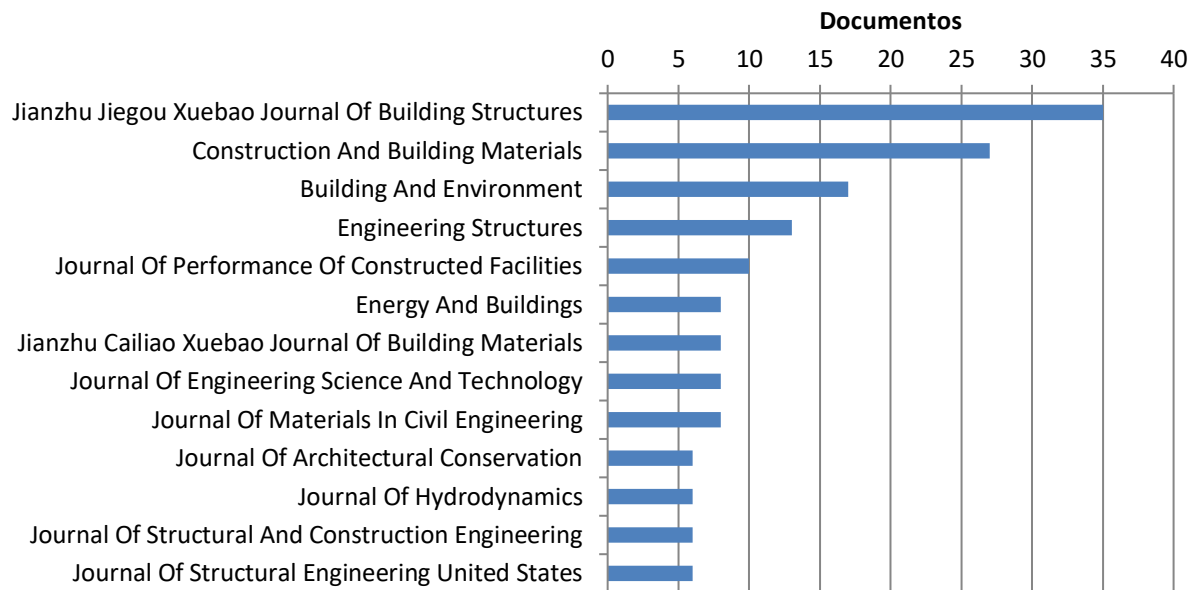


Figura 18 - Documentos publicados por revista científica, sobre a degradação precoce de edifícios

Da análise das palavras-chave utilizadas, verifica-se mais uma vez que há uma grande tendência para o estudo da degradação de estruturas em betão armado e a fenómenos de sismologia, como se destaca na figura seguinte:

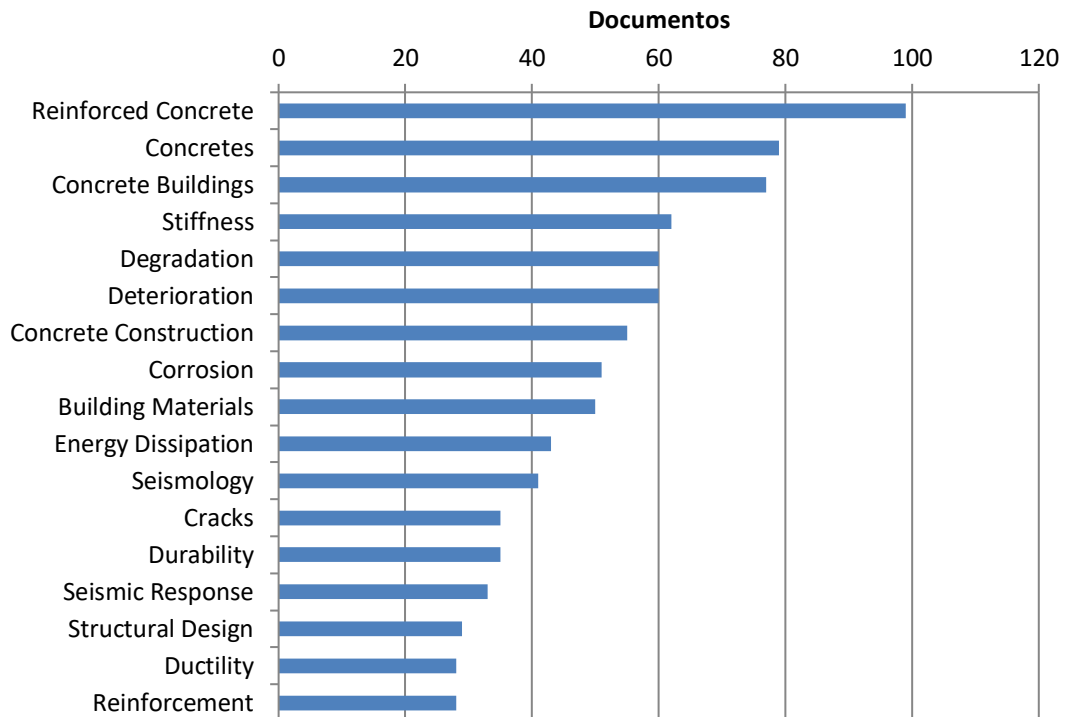


Figura 19 - Palavras-chave utilizadas em documentos publicados sobre a degradação precoce de edifícios

Em Portugal, em relação a documentos publicados, destacam-se as figuras 20 e 21:

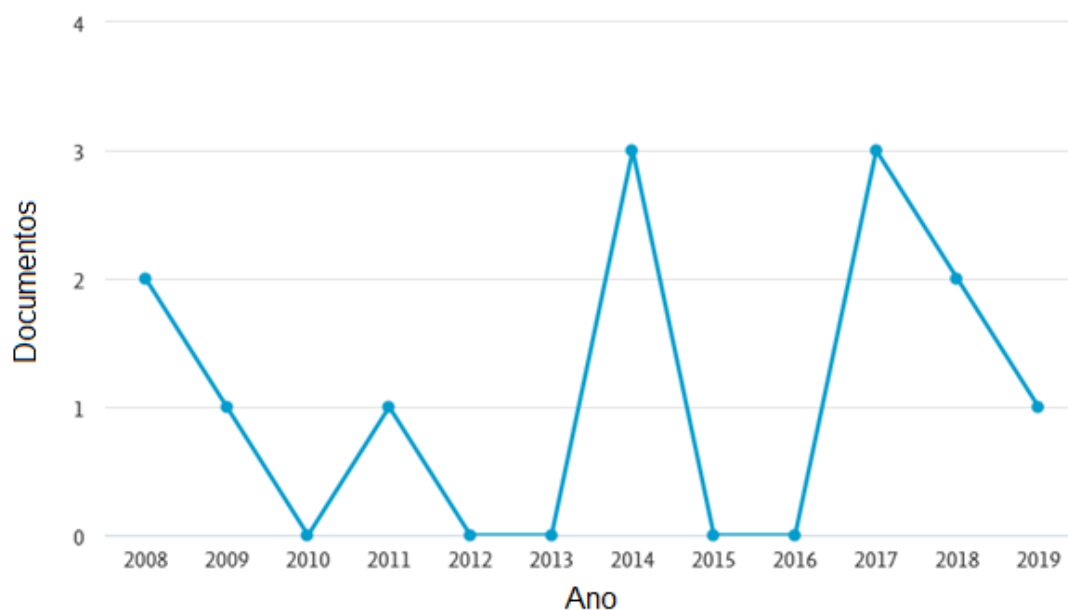


Figura 20 - Documentos publicados por ano em Portugal, sobre a degradação precoce de edifícios (extraído do site SCOPUS)

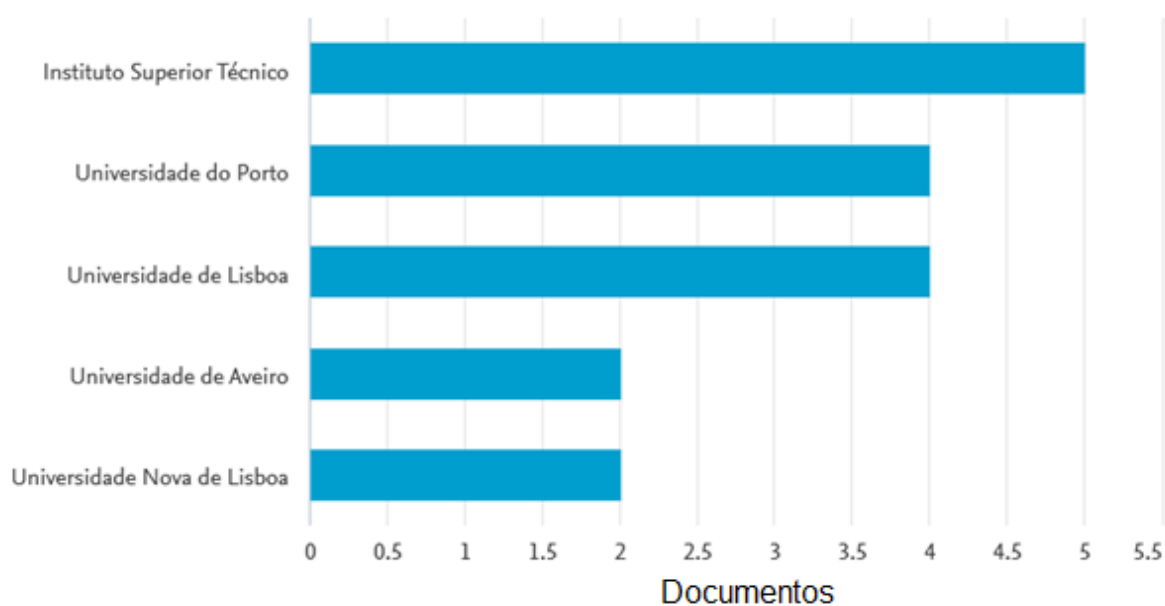


Figura 21 - Documentos publicados por instituições portuguesas, sobre a degradação precoce de edifícios (extraída do site SCOPUS)

Constata-se que a produção de conhecimento na área da degradação precoce de edifícios é muito reduzida, tendo-se nos últimos 10 anos produzido apenas uma dúzia de artigos. Dada a irregularidade com que se publicam artigos, conclui-se que em Portugal o estudo da temática da degradação dos

edifícios não tem sido valorizado, pelo que é necessário que se iniciem mais investigações sobre este domínio.

### 2.1.1.3. EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO NO ÂMBITO DA MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS

Em relação à pesquisa C sobre a “manutenção de edifícios”, refere-se o seguinte:

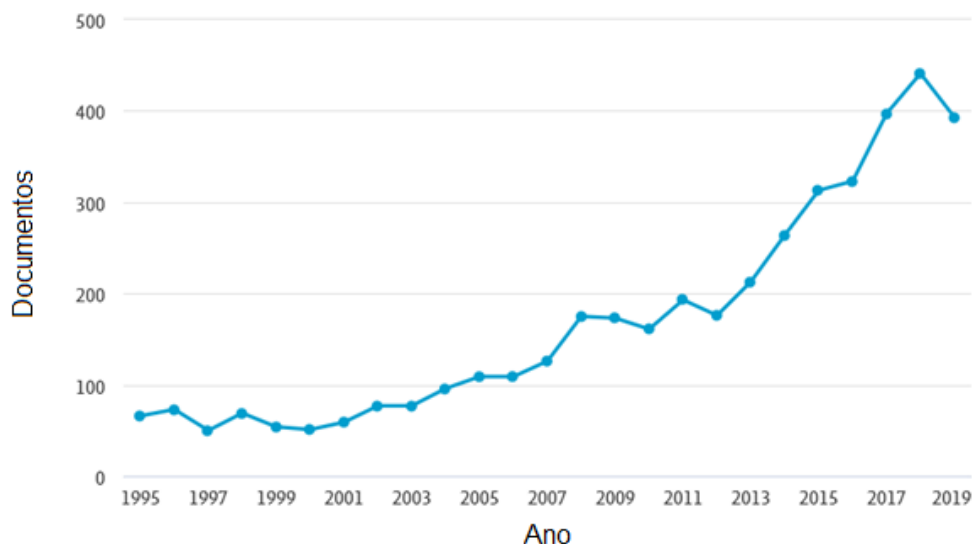


Figura 22 - Número de documentos publicados por ano, sobre a manutenção de edifícios (extraído de site SCOPUS)

Verifica-se que o número de artigos publicados sobre a temática da manutenção de edifícios tem vindo a aumentar nos últimos 20 anos, tendo quadruplicado desde 2005.

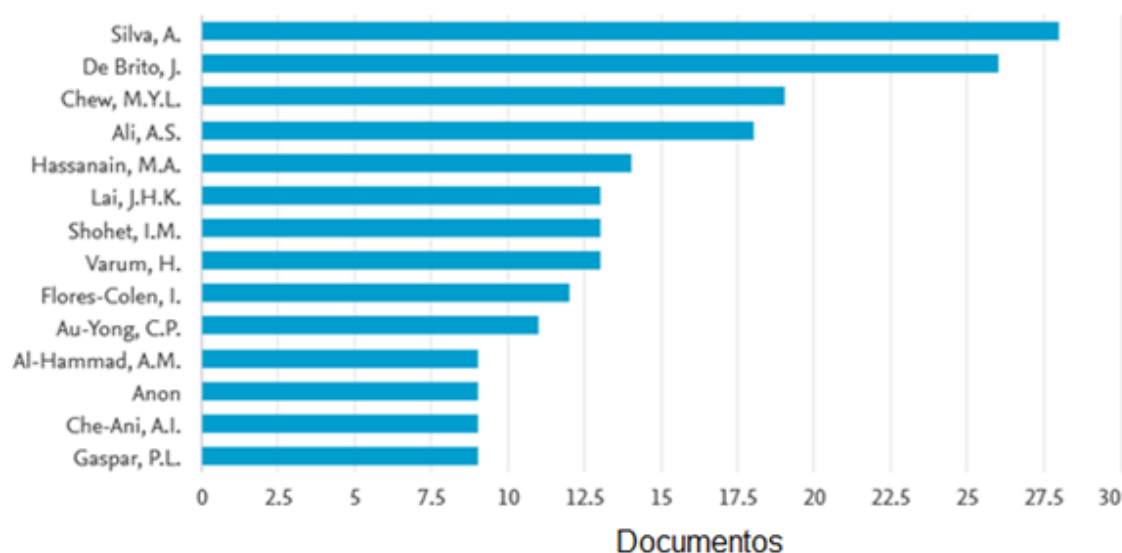


Figura 23 - Número de documentos publicados, por autor, sobre a manutenção de edifícios (extraído do site SCOPUS)

Dos autores que mais artigos têm publicado sobre a temática da manutenção de edifícios destacam-se os autores portugueses Ana Silva, Jorge de Brito, que são os autores com mais documentos publicados, e Inês Flores-Colen e Pedro Gaspar. Da universidade do Porto, destaca-se Humberto Varum pelos contributos dados no que diz respeito a fenómenos de sismologia e estruturas de betão.

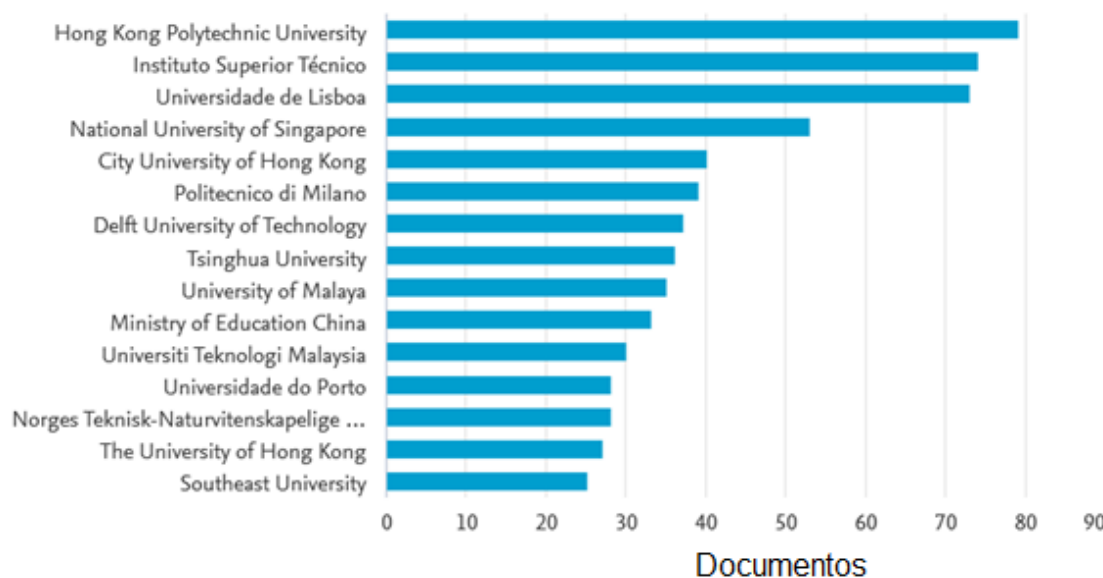


Figura 24 - Documentos publicados por instituição, sobre a manutenção de edifícios (extraído do site SCOPUS)

Relativamente a universidades que publicam artigos sobre a manutenção de edifícios, as portuguesas encontram-se em boa posição no que diz respeito às que mais têm publicado documentos. O Instituto Superior Técnico, a Universidade de Lisboa e a Universidade do Porto têm contribuído em larga escala para o desenvolvimento de conhecimento na área. As universidades asiáticas encontram-se também em destaque, sendo em Hong Kong, Singapura, China e Malásia os locais onde mais artigos têm sido publicados.

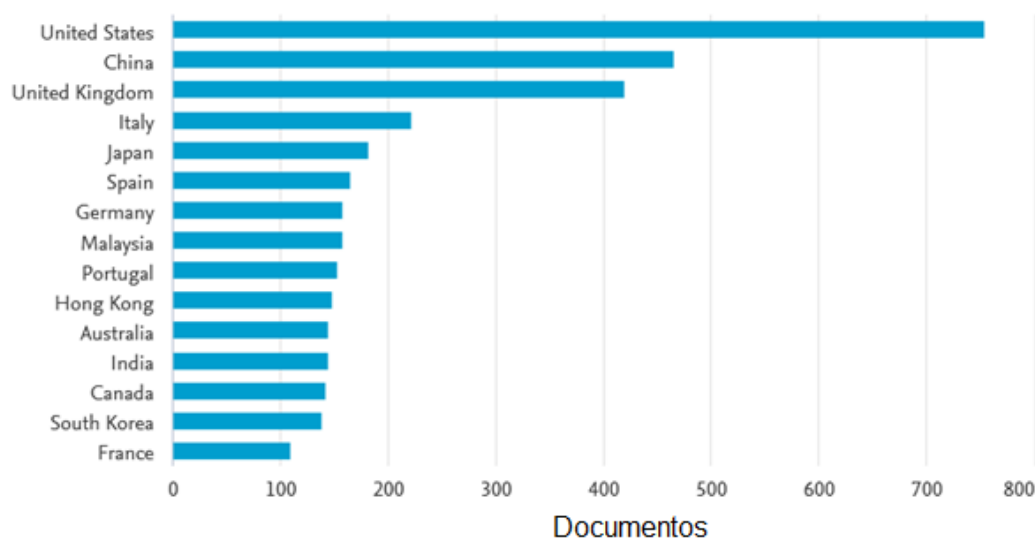


Figura 25 - Documentos publicados por país, sobre a manutenção de edifícios (extraído do site SCOPUS)

Os Estados Unidos da América, a China e o Reino Unido são os principais promotores para o desenvolvimento de artigos na área da manutenção.

Destaca-se na figura seguinte as revistas científicas que mais artigos têm publicado sobre a manutenção de edifícios.

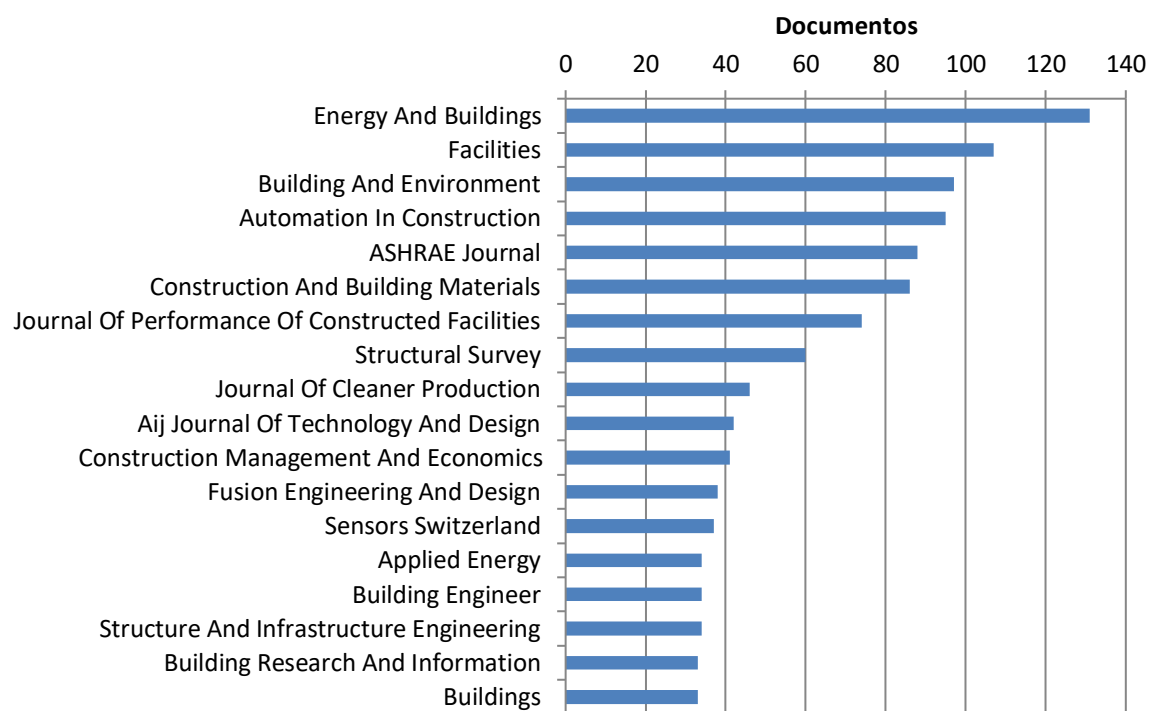


Figura 26 - Documentos publicados por revista científica, sobre a manutenção de edifícios

Das palavras-chave mais utilizadas, salienta-se a importância dada aos custos de um edifício em serviço, à eficiência energética e à execução dos projetos, como se comprova pela figura 27.

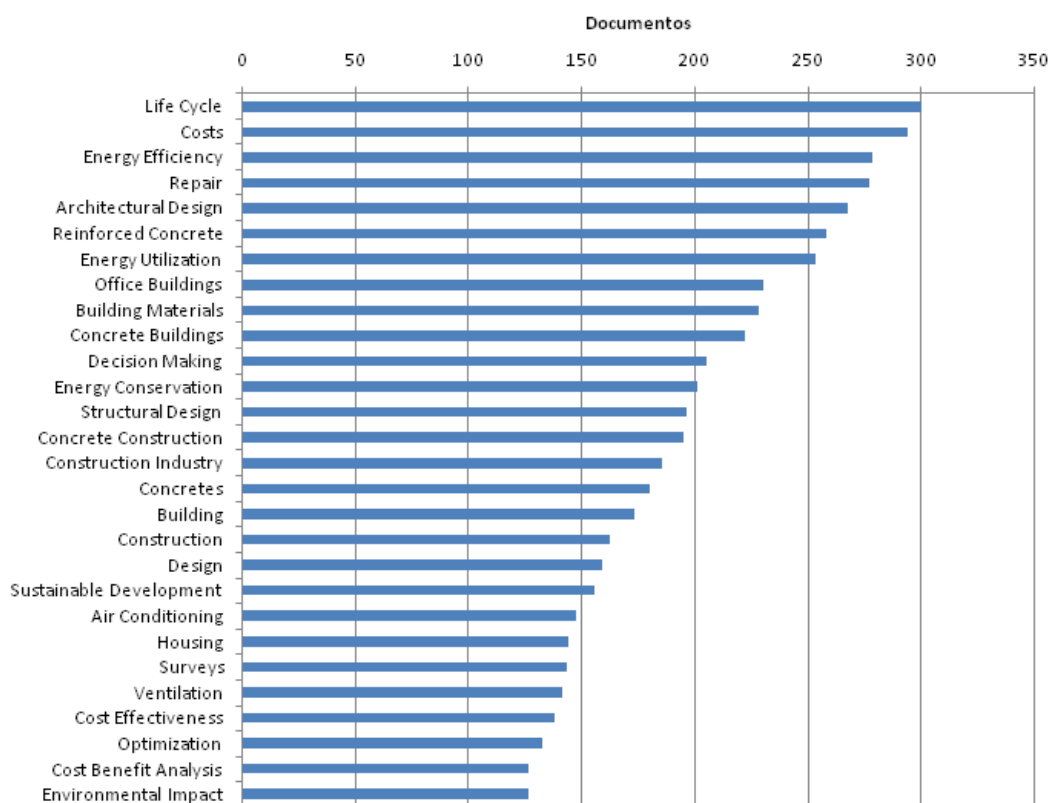


Figura 27 - Palavras-chave utilizadas em documentos publicados sobre a manutenção de edifícios

Em Portugal, a investigação na temática da manutenção de edifícios tem evoluído e aumentado nos últimos anos, principalmente desde 2007. Contudo, o número de documentos produzidos é ainda muito limitado, como se constata na figura 28:

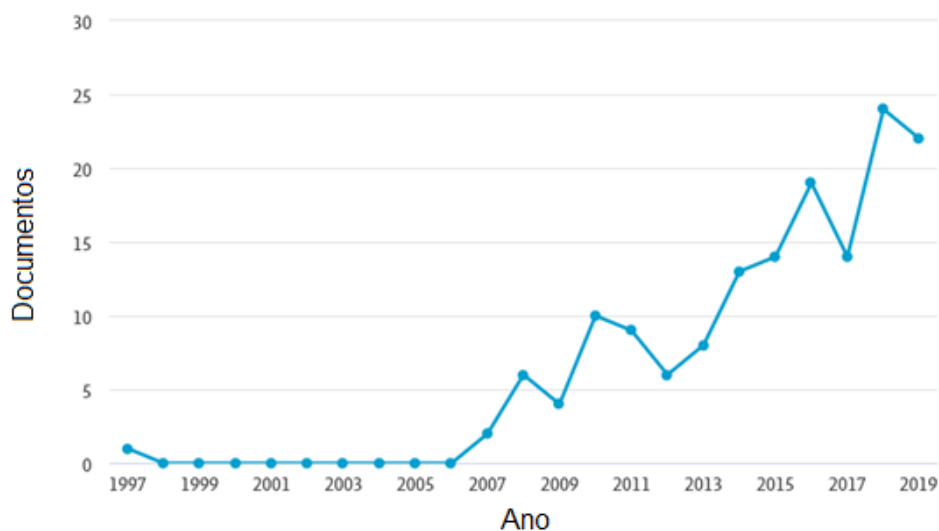


Figura 28 - Documentos publicados por ano em Portugal, sobre a manutenção de edifícios (extraído do site SCOPUS)



Em Portugal, destacam-se as publicações de Ana Silva, Jorge de Brito, Inês Flores-Colen, Pedro Gaspar e Rui Calejo, assim como o contributo dado principalmente pela Universidade de Lisboa e a Universidade do Porto, como se comprova pelas figuras 29 e 30:

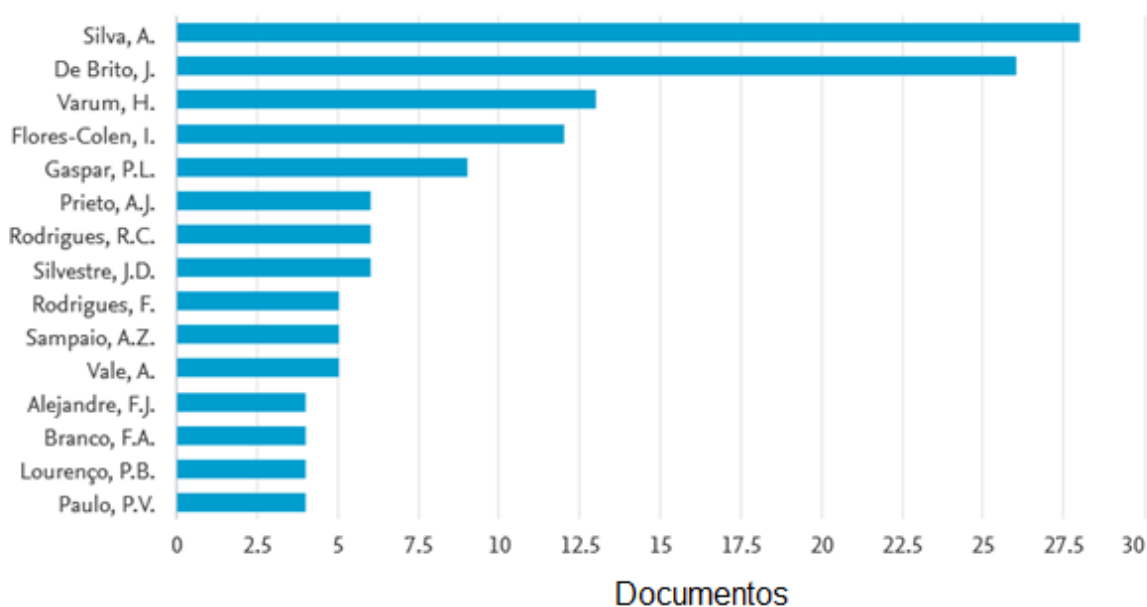


Figura 29 - Documentos publicados por autores Portugueses, sobre a manutenção de edifícios (extraído do site SCOPUS)

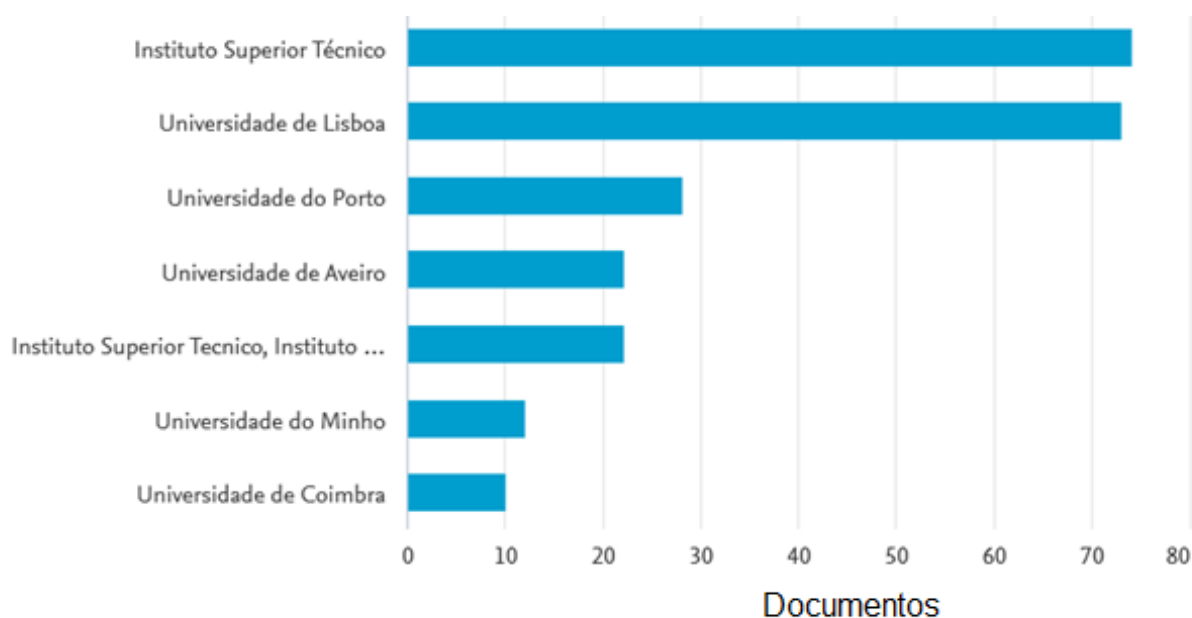


Figura 30 - Documentos publicados por instituições portuguesas, sobre a manutenção de edifícios

### 2.1.2. ARTIGOS CIENTÍFICOS

De entre uma grande quantidade de artigos científicos disponíveis, destacam-se os seguintes que serviram de base à investigação realizada:

[13] “Developments in performance-based building codes and standards”, publicado em 2000 por Greg Foliente na revista “Forest Product journals”. O artigo explora o conceito de um edifício enquanto sistema e analisa as exigências dos edifícios ao longo da sua vida em serviço.

[21, 23, 35] Os artigos “O ciclo de vida das construções”, “Ciclo de Vida das Construções II - Vida Útil Funcional” e “O Ciclo de Vida das Construções IV - Vida Útil Económica”, publicados entre 2003 e 2004 por Jorge de Brito e Pedro Gaspar na revista “Arquitetura e Vida”. Nestes artigos define-se o conceito de vida útil de um edifício e identificam-se os diferentes tipos de vida útil.

[67] “BuildingsLife: a building management system”, publicado em 2013 na revista científica “Structure and Infrastructure Engineering”. Neste artigo discutem-se os diferentes métodos de previsão da vida útil dos elementos de construção, fazendo-se uma análise estatística das anomalias obtidas na inspeção de edifícios. Assim, estuda-se a degradação de edifícios através de modelos determinísticos.

[58] “Reliability-based design optimization considering probabilistic degradation behavior”, publicado em 2012 na revista científica “Quality and Reliability Engineering International”. O artigo propõe uma metodologia para otimizar a segurança e durabilidade dos materiais em fase de projeto, criando modelos probabilísticos de degradação, tendo em conta a resistência ao dano dos materiais. Cria-se um modelo de dano acumulado de modo a perceber a dinâmica do comportamento durante o processo de degradação e a otimizar as soluções em projeto.

[36] “Service life prediction of exterior cladding components under failure conditions”, publicado em 2007 pela revista científica “Construction Management and Economics”. Nesta publicação apresenta-se uma abordagem para prever a vida útil de componentes da construção, na perspetiva da manutenção. Estudam-se sistemas de revestimento externo e os seus padrões de deterioração em diferentes períodos de vida útil e identificam-se as causas das falhas identificadas. Por fim, criam-se modelos padrão para a deterioração em condições de falha através de modelos estatísticos, lineares, exponenciais e logarítmicos.

[46] “A systematic approach for maintenance budgeting of building façades based on predictive and preventive strategies”, publicado pela revista científica “Construction and Building Materials” em 2010. Analisa-se a importância de implementar estratégias de manutenção na fase inicial de utilização de modo a prevenir as falhas em elementos de construção. Para além disso, analisam-se as estratégias apropriadas em termos de custo e eficácia para minimizar o desgaste dos edifícios durante a sua vida útil. Aborda-se, também, uma metodologia de manutenção para fachadas com base em políticas de manutenção, analisando o custo durante a vida útil e comparando-o com diferentes tipos de manutenção, criando-se modelos gráficos para a degradação de edifícios.

[73] “Building asset management with deficiency tracking and integrated life cycle optimisation”, publicado pela revista científica “Structure and Infrastructure Engineering” em 2012. O artigo analisa o ciclo de vida dos edifícios, as políticas de inspeção e a evolução do desempenho dos edifícios ao longo do tempo. Identificam-se os tipos de intervenções ideais e os tempos de reparação para uma rede de edifícios. Propõe-se um modelo da gestão dos ativos e analisa-se o orçamento de reparação.

[53] “Deterioration patterns of building cladding components for maintenance management”, publicado em 2010 pela revista científica “Construction Management & Economics”. O principal objetivo deste estudo foi desenvolver uma metodologia para o estabelecimento de um banco de dados, criando uma lista de padrões sobre a deterioração de componentes de construção, com base nas suas condições reais.

Constitui-se assim uma metodologia para determinar o comportamento dos elementos de construção, a sua vida útil e a correspondência ou não com as exigências requeridas. Por último, correlacionam-se esses fatores com as implicações económicas no âmbito da gestão de edifícios.

[38] “Durability, service life prediction, and modelling for reinforced concrete structures – review and critique”, publicado em 2019 pela revista científica “Cement and Concrete Research”. No artigo referido, estuda-se a vida útil dos edifícios e propõem-se modelos para a degradação de estruturas de betão armado, como ferramenta essencial para projetar soluções com maior grau de durabilidade.

[77] “Knowledge-Based Optimization of Building Maintenance, Repair, and Renovation Activities to Improve Facility Life Cycle Investments”, publicado em 2014 pela revista científica “Journal of Performance of Constructed Facilities”. Abordam-se questões como o envelhecimento, a obsolescência e a deterioração geral de edifícios e seus sistemas e componentes e destacam-se as ações de manutenção, reparação e renovação como forma de melhorar o desempenho dos edifícios. O objetivo deste estudo é desenvolver uma metodologia para identificar e selecionar rapidamente as atividades de manutenção de modo a que o desempenho dos edifícios seja maximizado e os custos do ciclo de vida sejam minimizados.

“Optimized maintenance and renovation scheduling in multifamily buildings – a systematic approach based on condition state and life cycle cost of building components”, publicado em 2019 pela revista científica “Construction Management and Economics”. No estudo referido, analisa-se a implementação de estratégias de manutenção pró-ativa e de que forma é possível controlar a degradação dos elementos de construção. Assim, comparam-se os custos de diferentes cenários de manutenção no sentido de encontrar a melhor solução de manutenção.

[60] “Reliability in the whole life cycle of building systems”, publicado pela revista científica “Engineering, Construction and Architectural Management” em 2006. No artigo faz-se uma análise ao grau de confiança que os utilizadores têm em relação aos edifícios e aos custos durante o seu ciclo de vida. Aborda-se o tema da manutenção, como deve ser implementada e quais as fases durante o ciclo de vida do edifício em que se deve intervir.

“A manutenção predictiva de edifícios”, publicado em 2004 na revista “Construção Magazine”. Neste artigo, aborda-se a temática da degradação de edifícios e reflete-se sobre as políticas de manutenção a adoptar.

[41] “Cost-base analysis of quality in developing countries: a case study of building projects”, publicado em 2005 pela revista científica “Building and Environment”. O estudo referido investiga os custos associados à não qualidade em edifícios decorrentes no processo de conceção do projeto. Avaliam-se os custos durante a construção e logo após a entrada em serviço, de forma a comparar o custo real dos edifícios com o custo ótimo para assegurar a qualidade.

## **2.2. VISÃO SISTÉMICA DE EDIFÍCIOS**

### **2.2.1. CONCEITO DE SISTEMA APLICADO A EDIFÍCIOS**

O termo sistema é, segundo o Dicionário da Língua Portuguesa – Porto Editora – (2019), o “conjunto de partes dependentes umas das outras<sup>2</sup>. O conceito é, muitas vezes, usado na área da medicina para designar o conjunto de órgãos que desempenham as funções vitais do organismo.

Tendo em conta a definição apresentada e criando um paralelismo com os termos anatómicos, crê-se que um edifício pode, também, ser definido como um sistema, tendo em vista que é constituído por

diferentes partes ou elementos (órgãos) que, sendo dependentes entre si, no seu conjunto desempenham funções indispensáveis para o bom funcionamento de um edifício [4, 5].

A atribuição deste género de conceito visa facilitar o estudo do comportamento de um edifício.

## 2.2.2. ÓRGÃO E SUBSISTEMA

A interpretação de um edifício como sistema, podendo ser dividido em elementos mais simples, pode ser feita segundo duas perspetivas diferentes [4]:

- A abordagem celular do edifício: O edifício é visto como um conjunto de células individuais não sobrepostas e complementares entre si, que no seu todo caracterizam o edifício, e em que os elementos mais simples (as células) são os seus subsistemas de construção;
- A abordagem funcional do edifício: O edifício do ponto de vista funcional é dividido em órgãos, que representam uma subdivisão funcional do edifício que assegura um conjunto de funções necessárias à satisfação do utente, também conhecidas como exigências funcionais.

A divisão de um edifício é feita em órgãos principais da seguinte forma [4, 5, 6, 7]:

- Estrutura;
- Envolvente exterior;
- Compartimentações exteriores à envolvente;
- Compartimentações interiores à envolvente;
- Instalações e equipamentos diversos.

Consequentemente, da definição de órgãos principais pode também considerar-se a decomposição em órgãos secundários, de que resulta o seguinte quadro [4, 5]:

Quadro 1 - Órgãos Principais e secundários num edifício (adaptado de [4, 5])

Órgãos principais		Exemplos de órgãos secundários
1. Estrutura	1.1 Fundação	Sapata; estaca
	1.2 Superestrutura	Pilar, parede resistente, laje, ...
2. Envolvente exterior	2.1 Envolvente enterrada	Fundação, parede, desvão sanitário, pavimento térreo
		Aberturas, cobertura, pavimento sobre espaço exterior
	2.2 Envolvente acima do solo	Parede, cobertura, pavimento sobre espaço exterior
		Aberturas (porta, janela, clarabóia)
3. Compartimentações exteriores à envolvente	3.1 Divisões exteriores Verticais	Parede, murete de varanda Aberturas (porta, grelha)
	3.2 Divisões exteriores horizontais	Pavimentos (terraço, varandas) Aberturas (alçapão)

	3.3 Escadas exteriores	Escada, rampa
4. Compartimentações Interiores à envolvente	4.1 Divisões interiores verticais	Divisórias (parede, murete, estante,...) Aberturas (portas)
	4.2 Divisões interiores horizontais	Pavimentos Aberturas
	4.3 Escadas Interiores	Escada, rampa,...
5. Instalações e equipamentos diversos	5.1 Águas e Saneamento	Distribuição de água, águas pluviais Saneamento (águas sujas e limpas)
	5.2 Ventilação e Aquecimento	Rede de distribuição de gás combustível Rede de distribuição de combustível líquido Equipamentos de produção de energia Rede de fluido térmico
	5.3 Distribuição de gás	Rede de distribuição de gás Rede de distribuição de ar comprimido
	5.4 Eletricidade	Rede de alta tensão Posto de transformação Rede de baixa tensão Equipamento de emergência
	5.5 Telecomunicações	Rede de telefones Rede de intercomunicação Rede de rádio e TV Rede de som
	5.6 Transporte mecânico e eletromecânico	Elevador Escada rolante/monta-cargas Equipamento de limpeza de fachadas Guinchos mecânicos
	5.7 Transporte gravítico e pneumático	Conduitas de lixos Rede de limpeza automática por vácuo Conduitas de roupa suja Sistema de transporte pneumático
	5.8 Segurança	Iluminação de emergência Proteção contra incêndios (tubagem, depósito de emergência,

		alarme, detector de fumos) Proteção contra intrusão (alarme, detetores de intrusão) Sistemas de controlo de acessos
--	--	---

Em relação à abordagem celular, quando se pretende dividir um edifício em elementos mais simples utilizam-se, por norma, os seguintes conceitos [4]:

- Subsistema de construção: Conjunto organizado de elementos de construção que conferem características próprias a uma parte do edifício;
- Elemento de construção: Elemento constituinte de um subsistema de construção, realizado a partir de materiais simples, componentes e processos de construção;
- Componente: Produto decorrente de processos industriais, necessário à execução de um elemento de construção, de acordo com processos de fabrico, montagem e construção previamente definidos;

Representam-se na figura 31 os conceitos relativos à abordagem celular:

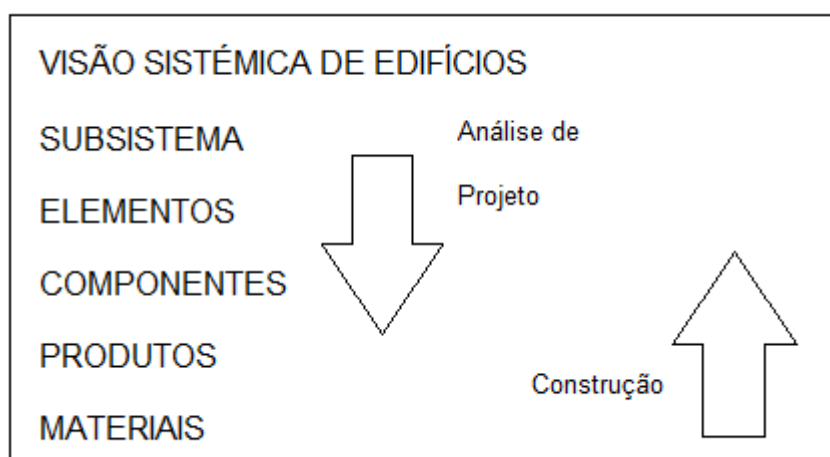


Figura 31 - Visão Sistémica de Edifícios – Classificação por tamanho (adaptado de [5, 8])

A decomposição de um edifício em subsistemas pode ser feita seguindo a linha de raciocínio usada para definir os mapas de trabalhos e quantidades, como se apresenta seguidamente:

Quadro 2 - Decomposição de um edifício em subsistemas

CÓDIGOS	SUBSISTEMAS	ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO
1	ESTALEIRO E OBRAS PRELIMINARES	
2	MOVIMENTO DE TERRAS	
3	FUNDAÇÕES	Estrutura das Fundações Pavimento térreo

		Paredes até ao pavimento térreo
4	SUPERESTRUTURA	Pilares Vigas Lajes Paredes
5	ALVENARIAS	Alvenarias Exteriores Alvenarias e divisórias interiores
6	COBERTURAS	Estrutura da Cobertura Impermeabilização Revestimentos
7	VÃOS EXTERIORES	Vidros Guarnecimentos Estores Caixilhos e Portas
8	VÃOS INTERIORES	Aros Guarnecimentos Portas
9	REDES DE ÁGUAS	Canalizações
10	INSTALAÇÃO DE ESGOTOS	
11	INSTALAÇÃO ELÉTRICA	
12	REVESTIMENTO DE PAVIMENTOS E ESCADAS	Revestimento de Pavimentos e Escadas Interiores Impermeabilizações Acabamentos
13	REVESTIMENTOS DE PAREDES E TETOS	Revestimento de Paredes e Tetos Interiores e Exteriores Impermeabilização Isolamento Rebocos Interiores e Exteriores
14	CANTARIAS	Soleiras Peitoris
15	SERRALHARIA	Claraboias

16	CARPINTARIA	Rodapés Portas Armários
17	VIDRACEIRO	Espelhos
18	PINTURAS	Pintura de Paredes e Tetos
19	EQUIPAMENTO SANITÁRIO	Louça sanitária Lavatório Chuveiro
20	ARRANJOS EXTERIORES	Pintura de muros exteriores Passeios de vias públicas
21	DIVERSOS	

A divisão celular e a divisão funcional apresentam-se como dois aspetos semelhantes mas não totalmente iguais, na medida em que, por exemplo, uma parede exterior é um elemento constituinte da envolvente (abordagem funcional), mas é ao mesmo tempo constituída por elementos de construção que poderão ser estudados separadamente como pano exterior de parede e pano interior de fachada, constituindo assim dois subsistemas diferentes, normalmente construídos em etapas diferentes do processo construtivo. Os dois elementos de construção distintos deverão satisfazer um conjunto de exigências funcionais atribuídas ao órgão “envolvente exterior” [4].

A decomposição do edifício em órgãos será útil para a definição das exigências funcionais, enquanto que a abordagem celular é normalmente usada no estudo das tecnologias construtivas e em análises económicas.

Associados aos conceitos referidos surgem as designações de exigência funcional e exigência de desempenho, a partir das quais se foram elaborando normas que visam avaliar quantitativamente e qualitativamente o comportamento de um edifício em serviço.

O uso destes conceitos facilitará o estudo de patologias em edifícios.

### 2.2.3. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS

O desempenho de um edifício deve seguir um conjunto de requisitos funcionais de modo a atender completamente às expectativas e necessidades dos seus utentes. Segundo a apresentação dos conceitos referidos nos subcapítulos anteriores, isso significa que os vários órgãos que compõem um edifício deverão realizar as funções necessárias ao correto funcionamento do edifício. Da associação das funções exigidas a órgãos surge o conceito de exigência funcional [4].

Em Portugal, o conceito começou a ser divulgado através do LNEC, com as publicações de Ruy Gomes [9], onde se estabeleciam as seguintes exigências funcionais para habitações:

- Exigências de segurança (Estrutural, contra incêndio, no uso);
- Exigências de saúde (Equilíbrio termo-higrométrico, condições de higiene, qualidade do ar, abastecimento de água)
- Exigências de conforto (Acústica, visual, antropodinâmica, uso)



- Exigências de satisfação
- Exigências de economia

O estabelecimento de requisitos funcionais foi também desenvolvido pela ISO 6241, em 1984. Da atualização dessa publicação ao longo dos anos, dos desenvolvimentos levados a cabo pelo LNEC e das perspectivas de outras publicações, estabeleceram-se as principais exigências funcionais [5, 9]:

#### 1) Segurança

- Estrutural
- Contra Incêndio
- Uso (Acidentes)

#### 2) Habitabilidade

- Conforto térmico
- Estanquidade
- Qualidade do ar
- Acústica
- Visual
- Acesso
- Segurança
- Saúde e higiene
- Funcionalidade
- Adaptabilidade
- Estética

#### 3) Sustentabilidade

- Manutenção
- Durabilidade
- Economia
- Preocupação Ambiental

#### 2.2.4. EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO

O conceito de exigência de desempenho desenvolve-se com o aparecimento da designação “performance” para caracterizar as propriedades dos elementos e subsistemas de construção [4]. Entre outras noções, a compreensão do conceito passa por associá-lo a quatro parâmetros essenciais (definição, característica, modo de avaliação, especificação). A figura seguinte exemplifica esse tipo de conceito [4]:

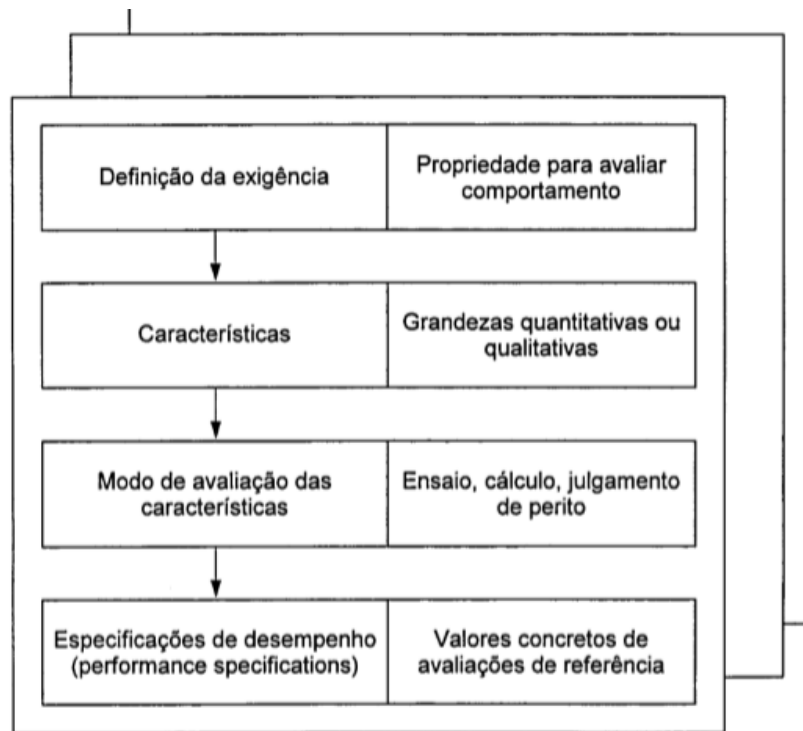


Figura 32 - Exigências de desempenho de um elemento de construção [4]

Tanto o conceito de exigência de desempenho como o conceito de exigência funcional aparecem pela utilidade para estabelecer critérios de avaliação do comportamento de um edifício e a correspondência com as necessidades humanas. A figura 33 ilustra bem o processo de gestão do desempenho de um edifício, partindo do princípio que todos os critérios devem ter por base as necessidades dos utentes e o uso do edifício:

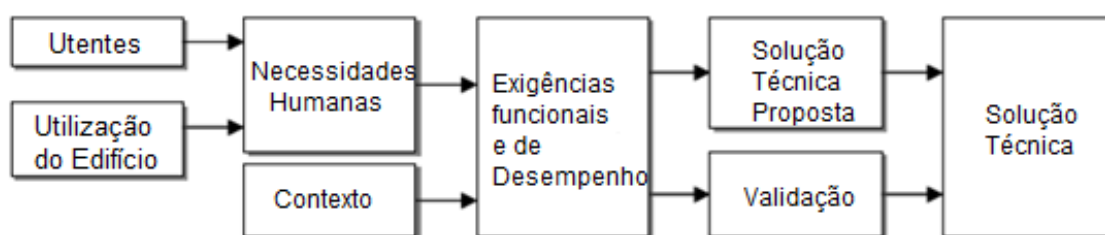


Figura 33 - Processo de gestão do desempenho (adaptado de [10, 11])

Tendo em conta as necessidades humanas e as exigências requeridas, considerando o edifício como um sistema dividido em diferentes partes que devem prescrever certos requisitos, o conceito de desempenho tem vindo a ganhar grande importância e a ser alargado a todo o ciclo de um empreendimento, havendo diversos estudos e publicações que procuram avaliar todas as dimensões do conceito e a sua aplicabilidade nas diferentes fases do processo construtivo. A figura seguinte é ilustrativa desse tipo de abordagens.

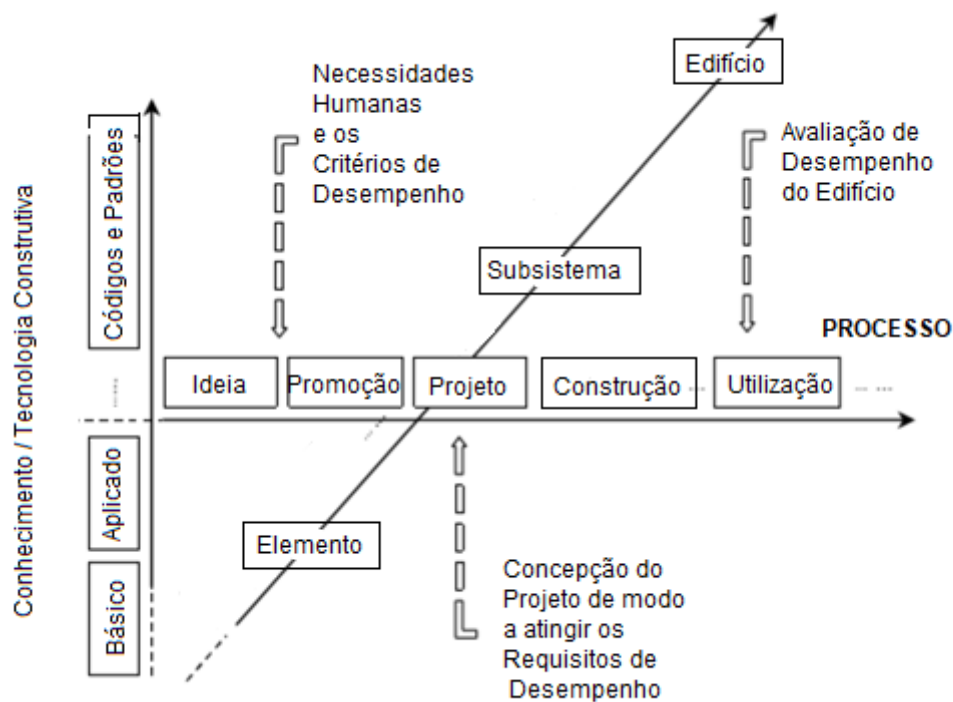


Figura 34 - Dimensões do conceito de desempenho e a sua aplicação aos edifícios (adaptado de [12, 13, 14, 15])

#### 2.2.5. EXIGÊNCIAS BÁSICAS

A formulação de critérios e exigências de desempenho de edifícios deve ter em conta um conjunto de condicionantes [12, 13, 14, 15]:

- Os fatores ambientais, culturais, sociais e económicos, característicos de cada país;
- O equilíbrio entre o custo e a qualidade;
- Os meios tecnológicos disponíveis;

Das particularidades referidas, que poderão ser bastante diferentes dependendo do contexto em que se aborda a temática, surge a necessidade de criar critérios base de desempenho. Porém, é de fácil percepção entender que as necessidades e expetativas das pessoas depende de um conjunto de fatores diversos, como os referidos.

Cada utilizador, enquanto pessoa individual com diferentes necessidades e expetativas define requisitos específicos de desempenho, consoante uma análise de custo-benefício. Através de uma abordagem simples, que se ilustra na figura seguinte, designada como a “Metáfora das Cadeiras”, procurou-se demonstrar exatamente essa ideia [16]:

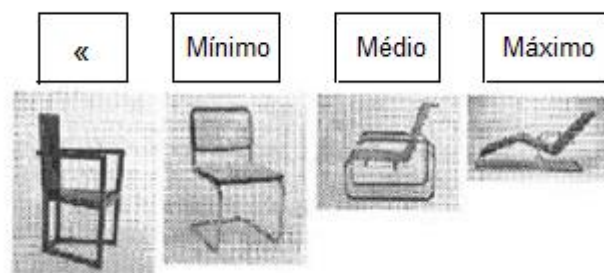


Figura 35 - A “Metáfora da Cadeira” – conjugação das exigências do utilizador com diferentes níveis de desempenho (adaptado de [16])

Da abordagem feita, compreende-se que existem diferentes níveis de desempenho para o produto em causa e o utilizador, com base nas suas necessidades e requisitos que pretende obter, terá de fazer uma escolha, sabendo que para níveis mais altos de desempenho ou qualidade do produto o custo será superior.

Este tipo de abordagem pode também ser feita em relação ao desempenho de um edifício, já que é impossível definir concretamente as exigências de desempenho que devem ser garantidas num determinado edifício, pois qualquer abordagem deverá ter sempre em conta um conjunto de condicionantes, que variam irremediavelmente conforme o contexto de cada pessoa ou país [8].

Talvez, por isso mesmo, ainda não se tenham, na verdade, adotado regulamentos ou normas de natureza internacional. Note-se, aliás, que as publicações existentes sobre o assunto usam termos como “padrões”, “princípios”, “modelos”, etc, e nunca regulamentos ou normas.

Porém, e apesar da definição de exigências de desempenho específicas ser uma tarefa difícil, aquilo que será possível é criar um conjunto de exigências mínimas e aceitáveis.

Nesse sentido, o parlamento e o conselho europeu introduziram o conceito de exigências básicas, aplicadas à realização de obras de construção, que definem os requisitos mínimos que as obras devem garantir de modo a que os edifícios possam ser considerados aptos à sua utilização durante um período de vida útil economicamente razoável. De entre esses requisitos destacam-se os seguintes [17]:

- Resistência mecânica e estabilidade
- Segurança contra incêndio
- Higiene, saúde e ambiente
- Segurança e acessibilidade na utilização
- Economia de energia e isolamento térmico
- Utilização sustentável dos recursos naturais

### 2.3. DEGRADAÇÃO DE EDIFÍCIOS

Uma das questões mais preocupantes dentro do setor da construção relaciona-se com a etapa a seguir à execução da obra e o que se sucede nessa altura. A alienação dos aspetos referentes ao desempenho de edifícios e a incapacidade de dar resposta às exigências funcionais perturba o funcionamento do parque edificado e a qualidade de vida das pessoas. Resultado dessa apatia, os edifícios tendem a degradar-se e a envelhecer de forma precoce.

Os principais fatores identificados que poderão estar na origem dessa degradação são [1]:

- Uso Corrente
- Ações Naturais
- Ações Acidentais
- Desajuste Funcional
- Evolução do Nível de Exigência

#### 2.3.1. USO CORRENTE

A degradação devido ao uso corrente resulta da entrada em funcionamento do edifício e da sua utilização pela parte dos utentes. Fruto disso, o edifício sofre um desgaste natural, inevitável poderá dizer-se, mas haverá certamente por analogia com outras situações referências quanto à vida útil dos elementos de construção que definem o limite entre o que é normal ou aceitável daquilo que não o é. Aliás, colocando um exemplo hipotético, pelo senso comum poderá perceber-se que dentro de um período de tempo, por exemplo de 12 em 12 anos, numa determinada casa, se tenha que envernizar o soalho. Porventura, poderia já não ser compreensivo se fosse preciso fazê-lo de 2 em 2 anos.

Para além disso, se se considerar que o soalho, nas duas situações hipotéticas, era exatamente igual e foi executado de maneira idêntica, o desempenho deveria ser o mesmo. Contudo, verifica-se que a utilização dos edifícios acaba por ser diferente em cada caso e contexto e dessa diferença resultarão solicitações diferentes [1]. Dessa forma, tal como foi ilustrado nos subcapítulos anteriores, seria necessário que o tipo de utilização e outras questões relevantes fossem já bem definidos na fase de projeto de modo a que se possam projetar as melhores soluções para o edifício.

#### 2.3.2. AÇÕES NATURAIS

A degradação devido a ações naturais resulta sobretudo da [1]:

- Ação física (ação da gravidade, do vento e da água, picos de temperatura, radiação solar)
- Ação Química (oxidação, carbonatações, soluções e diluições, reações eletroquímicas, ação dos raios ultravioletas)
- Ação biológica (origem vegetal e animal)

#### 2.3.3. AÇÕES ACIDENTAIS

Estes tipos de ações fortuitas dividem-se em dois tipos, as de origem natural e as de origem humana [1].

Dentro das ações naturais destacam-se os sismos, tornados, cheias, avalanches, erupções vulcânicas, etc. Por outro lado, das ações de origem humana assinalam-se as provocadas devido a fogos, explosões, choques e inundações.

#### 2.3.4. DESAJUSTE FUNCIONAL

Este tipo de disfunções surge sobretudo devido a erros na conceção do projeto, erros de execução e a adulterações em fase de utilização.

Destas situações destacam-se as incompatibilidades entre o que foi delineado no projeto e as exigências funcionais que o edifício deve respeitar, a degradação dos espaços físicos, a baixa durabilidade das superfícies de acabamento e a alteração do modo de utilização que, muitas vezes, provocam o envelhecimento precoce do edifício.

### 2.3.5. EVOLUÇÃO DO NÍVEL DE EXIGÊNCIA

Como abordado em [1], Rui Calejo classificou esta origem de degradação como um agente de degradação passivo, na medida em que os edifícios já existentes não acompanham a evolução constante das exigências e características de qualidade.

Assim sendo, fruto dessa desatualização, os edifícios deixam de obedecer aos novos padrões de qualidade que são exigidos, devido à evolução natural do conhecimento e das soluções técnicas.

A evolução deste tipo de exigências pode ser encarada segundo duas formas [1].

A primeira é uma abordagem técnica que decorre da evolução da qualidade dos elementos, de que resultam desempenhos funcionais mais elevados, nomeadamente em questões de segurança estrutural e conforto térmico.

A segunda relaciona-se com a evolução das tendências dentro da construção, conhecida no senso comum como a evolução das “modas” que, mais do que uma melhoria da qualidade, dizem sobretudo respeito à questão estética do edifício. Apesar de possivelmente ter uma importância menor, esta preocupação estética tem influência na valorização ou desvalorização de um determinado edifício, já que, como em qualquer outra indústria, as pessoas tendem a valorizar de forma superior aquilo que é novidade em comparação com outro tipo de soluções que, entretanto, se possam compreender que passaram de moda.

Perante todos estes fatores, os edifícios tendem a iniciar processos de degradação, como se pretende ilustrar na figura 36:

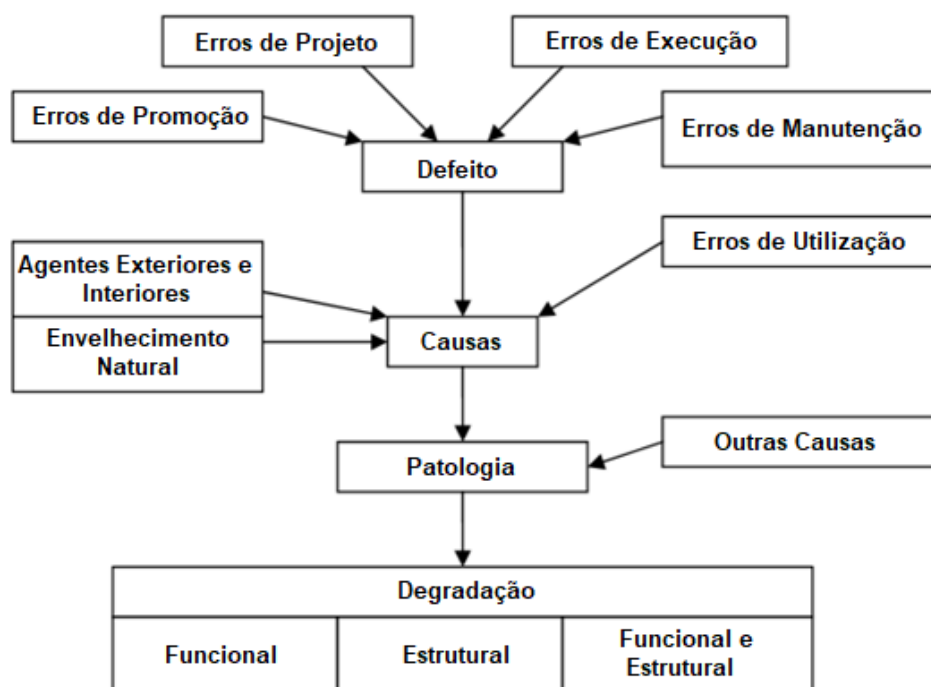


Figura 36 - Processo de Degradação (adaptado de [18, 19])

## 2.4. CICLO DE VIDA DE UM EMPREENDIMENTO

O ciclo de vida de um empreendimento é essencialmente composto pelas seguintes fases:

- Promoção e Planeamento
- Conceção e Projeto
- Fornecimento de materiais, elementos e componentes da construção
- Execução de obras
- Utilização e Manutenção

É da opinião geral dentro do setor que seria benéfico que nas diferentes fases existisse uma maior proximidade e colaboração entre o dono de obra, os projetistas, os fornecedores, o empreiteiro e os utilizadores. Contudo, tal ambição torna-se de difícil concretização, pois na maioria das vezes parece não ser possível aliar todos os intervenientes no mesmo processo, sendo normal os diferentes intervenientes atuarem de forma independente e separada.

### 2.4.1. PROMOÇÃO E PLANEAMENTO

Nesta fase, o dono de obra enquanto promotor, tendo como base a localização do edifício, o tipo de utilização, a qualidade que pretende obter e análise da viabilidade económica, social, ambiental, etc, comunica as suas intenções ao Autor do Projeto.

Durante esta etapa, deveriam ser pensadas as questões de durabilidade e manutenção do edifício, de forma a serem discutidas de forma mais aprofundada na fase de projeto.

Contudo, a ideia existente é a de que se desvalorizam essas questões e, mais tarde, fruto desta indiferença poderão ocorrer problemas quanto à durabilidade das soluções, assim como a capacidade do edifício em fazer face ao desgaste por meio de políticas de manutenção.

### 2.4.2. CONCEÇÃO E PROJETO

Nesta fase passa-se a delinear o modelo do edifício, segundo a ideia do dono de obra, discutindo-se as vertentes arquitetónicas, como as formas e os materiais, assim como as questões económicas e jurídicas. Divide-se habitualmente em diferentes etapas [20]:

- Programa Base
- Estudo prévio
- Ante-Projeto
- Projeto de Execução

Das diferentes fases e do diálogo com o dono de obra, os projetistas assumem a sua responsabilidade pela execução do projeto, que deverá cumprir todos os requisitos previstos na lei.

É, também, nesta fase que se definem as soluções que serão compatíveis com o tipo de utilização e as exigências que devem ser garantidas. Apesar de tudo, muitos estudos apontam que grande parte das patologias identificadas se devem a erros de projeto, pelo que se conclui que muitas vezes não se avalia corretamente o desempenho dos edifícios e o seu comportamento [1].

### 2.4.3. FORNECIMENTO DE MATERIAIS, ELEMENTOS E COMPONENTES DA CONSTRUÇÃO

*“Esta actividade tem como objectivo fornecer os meios físicos para ser produzida a construção”* [1]. Desses meios físicos, como já abordado anteriormente, destacam-se os materiais, os produtos, componentes e elementos.

A produção destes faz-se normalmente por processos de fabrico industriais onde o controlo de qualidade à partida garante que os materiais correspondem às exigências pretendidas. Muito se tem tentado que existam cada vez mais soluções padronizadas no mercado, mas evidentemente que isso passaria por um grande compromisso entre arquitetos, empreiteiros e fornecedores, o que torna difícil que assim aconteça.

A consideração desta etapa como parte do ciclo de vida de um empreendimento deve-se, essencialmente, à influência e às implicações que poderá ter na qualidade da construção, sendo, por isso, importante destacá-la como uma fase onde poderão ocorrer erros.

Os produtos da construção, a nível europeu, são certificados pela conhecida marcação CE, o que garante que os produtos estão em conformidade com os requisitos essenciais [17].

A escolha dos materiais, componentes e elementos têm obviamente uma grande importância no que diz respeito à manutenção já que, como abordado, o desempenho de um edifício está intimamente ligado com a qualidade e desempenho dos seus elementos.

#### **2.4.4. EXECUÇÃO DE OBRAS**

Nesta fase é construído o edifício que foi concebido. É uma etapa com muitas particularidades, como já discutido anteriormente.

Nota-se uma crescente recorrência a subempreiteiros e tarefeiros, normalmente por terem maior capacidade de executar os trabalhos, devido à especialização em determinadas áreas, levando a que muitas vezes consigam realizar as suas tarefas por orçamentos menores.

Tal como as restantes etapas, esta tem uma enorme implicação no que diz respeito à manutenção, já que a qualidade da construção e das soluções executadas influenciarão o grau de degradação do edifício e o aparecimento de patologias. Por norma, os defeitos que ocorrem nesta fase identificam-se logo após a entrada em funcionamento do edifício, provocando o envelhecimento precoce do mesmo.

#### **2.4.5. UTILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO**

Após a receção provisória da obra e emissão da licença de utilização, inicia-se esta fase correspondendo também ao início do período de garantia, durante o qual o empreiteiro pode ser responsabilizado pelos defeitos que se possam identificar.

Com a entrada em serviço do edifício, será possível avaliar o desempenho do edifício e a satisfação ou não das necessidades humanas.

Cada vez mais existe a necessidade de avaliar o custo global de um edifício, que compreende para além do investimento inicial, o custo de utilização. Nota-se que, muitas vezes, não há um planeamento das atividades de manutenção e não se conhecem os custos a ela inerentes, havendo estudos que afirmam que o custo de utilização, para um edifício com 50 anos, poderá ser o triplo do investimento inicial [21, 22, 23, 24, 25, 26].

### **2.5. VIDA ÚTIL**

A vida útil de um edifício define o tempo expectável e pretendido em que o edifício propriamente dito e os seus elementos deverão ser utilizados. Relaciona-se com o conceito de desempenho e a manutenção de um determinado nível de exigência.



Segundo [27], a vida útil é o *“intervalo de tempo, que sob determinadas condições, começa num dado instante e termina quando a taxa de avarias se torna inaceitável ou quando o bem é considerado irreparável na sequência de uma avaria ou por outras razões pertinentes”*.

Os edifícios, apesar de pelo senso comum serem considerados bens de grande longevidade, iniciam processos de degradação contínuos logo após a sua entrada em funcionamento [21].

Este processo de degradação e o facto de muitos elementos de um edifício apresentarem problemas inaceitáveis, para aquilo que tinha sido previsto, antes de atingir o final da sua vida útil, ou seja, quando apresentam níveis de desempenho abaixo daquilo que tinha sido determinado antes de atingir o limite da sua vida útil, traduz-se em avultados valores de investimento em manutenção e reparação ou substituição dos elementos e subsistemas. Aliás, o somatório de todos esses investimentos têm um peso tão importante na economia, que qualquer redução de custos de manutenção tem um impacto brutal nas poupanças das pessoas [21].

Contudo, verifica-se que ainda não existe, em Portugal, um planeamento desse tipo de investimentos, nem uma preocupação nas decisões tomadas na fase de projeto, que acabam por influenciar a correta implementação de medidas de manutenção.

Segundo a Norma ISO 15686-1, a vida útil de um edifício *“é o período de tempo após a conclusão da obra durante o qual são atingidas, ou excedidas, as exigências de desempenho que lhes são exigidos”* [28].

A interpretação do conceito, aparentemente de fácil compreensão, torna-se uma tarefa difícil, na medida em que é necessário considerar os diferentes contextos que enquadram um determinado edifício, assim como as próprias expectativas que dele se têm. A evolução dos padrões de qualidade, como por exemplo os padrões de conforto ao longo das últimas décadas, poderão ser distintos dependendo do país ou da época a que nos referimos e, até mesmo a própria inovação dos materiais e produtos fazem com que determinadas soluções se desvalorizem na perspetiva dos utentes [21].

Dessa forma, a vida útil poderá ser encarada como um conceito relativo, que depende da definição de níveis mínimos aceitáveis de desempenho para um edifício, dos critérios usados por quem avalia esse tipo de características e do respetivo contexto social, político, económico, ambiental ou normativo que enquadra a sua avaliação [21].

#### 2.5.1. CRITÉRIOS DE ANÁLISE DA VIDA ÚTIL

Tendo em conta a complexidade e a relatividade que revestem o próprio conceito de vida útil, alguns autores têm tentado apresentar algumas abordagens, dividindo-o nas seguintes categorias [21]:

- Deterioração física;
- Obsolescência económica;
- Obsolescência funcional;
- Obsolescência tecnológica;
- Obsolescência, ou mudanças, do contexto social;
- Mudanças, ou obsolescência, do contexto envolvente (fatores de localização)
- Alterações normativas;
- Obsolescência visual, de imagem ou estética;
- Mudanças ambientais.

Esta divisão pode ser esclarecida em três grupos principais que determinam o final da vida útil de um elemento e a associam a intervalos de tempo e a variações dos requisitos mínimos de satisfação das respetivas qualidades [21, 29]:

- Performance económica;
- Obsolescência funcional ou de imagem;
- Vida útil física.

### 2.5.2. OBSOLESCÊNCIA FUNCIONAL

A vida útil funcional de uma construção corresponde ao período de tempo durante o qual esta pode ser utilizada sem ser necessário proceder a alterações generalizadas [21, 30, 31].

Desta correspondência associa-se a capacidade de o edifício se adequar ao longo do tempo sob as seguintes condições [21, 32]:

- Mudanças instantâneas, provocadas por variações da temperatura, humidade e vento;
- Mudanças horárias ou pontuais, relacionadas com os padrões de utilização do espaço como a utilização das instalações sanitárias de manhã e o uso de elevadores nas horas de pico;
- Mudanças sazonais ou regulares, associadas à organização do espaço, como o número de elementos a usufruir do espaço em determinada altura;

### 2.5.3. NÍVEL MÍNIMO DE PERFORMANCE FUNCIONAL

O nível de desempenho de determinado elemento ou edifício deverá ser previamente definido no início do ciclo do empreendimento, tendo em conta as exigências que devem ser asseguradas e as necessidades humanas [18].

A definição do grau de desempenho ou qualidade é algo de complexo e relativo, como já referido, pela dificuldade em prever a evolução dos padrões de qualidade.

Ainda assim, mesmo que de alguma forma se pudesse garantir o cumprimento de todas as exigências tendo em conta essa evolução, considera-se que a mudança ou substituição de determinados elementos é inevitável, pois os utentes tendem a aumentar as suas expectativas ao longo do tempo por quererem viver melhor e com mais conforto ou por quererem seguir as novas modas ou tendências [21].

Assim sendo, a evolução das exigências dos utentes é, também, algo de variável e de difícil previsão, mas será certamente influenciado pelos aspetos já referidos e também pela sua capacidade económica. Considerando que, por norma, a tendência é a de que as exigências sejam cada vez maiores ao longo do tempo, representa-se na figura 37 os diferentes níveis de desempenho e qualidade a ter em conta [18, 33]:

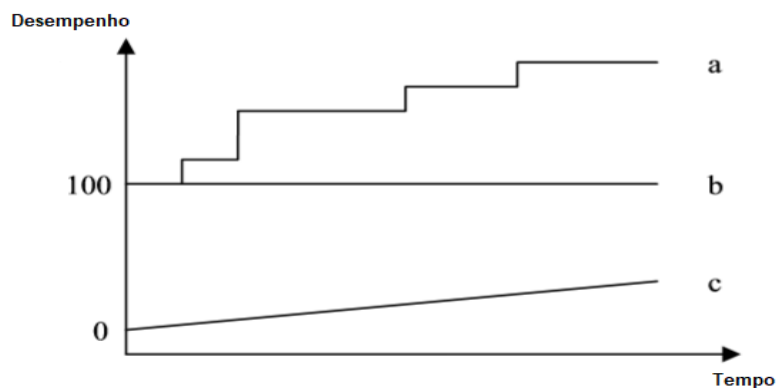


Figura 37 - Níveis de qualidade de um edifício [18, 33]

Da figura destacam-se as seguintes considerações:

- No nível “a” representa-se o desempenho exigido pelas normas ou padrões tidos em conta, considerando que esse nível de qualidade tende a aumentar ao longo do tempo;
- No nível “b” representa-se o desempenho ou qualidade inicial que se pretende atingir e que foi definido no projeto;
- No nível “c” representa-se a qualidade mínima, correspondendo de certa forma a um limite de insatisfação. Assume-se que vai evoluindo com o tempo fruto da evolução normal da expectativa e das necessidades humanas;

#### 2.5.4. PREVISÃO DA VIDA ÚTIL FUNCIONAL

A definição do parâmetro da vida útil é uma tarefa difícil e, segundo alguns autores [21, 31], isso deve-se:

- Há existência de soluções técnicas diversas capazes de garantir os requisitos de utilização;
- Há possível alteração do tipo de utilização de um edifício ao longo do tempo;
- Há possibilidade de um edifício mesmo não apresentando problemas de durabilidade física ser considerado como obsoleto;
- Há variação dos gostos, modas e tendências, de evolução imprevisível;

Alguns autores [21, 29, 34] definem o ciclo de vida útil funcional como o período de tempo em que as exigências de desempenho e as expectativas dos utentes são asseguradas.

Contudo, como já se viu, estipular valores para a idade útil de subsistemas torna-se uma tarefa difícil, dado que cada edifício é construído com soluções construtivas próprias e particulares que ao se relacionarem irão criar um tipo de resposta de natureza diversa consoante cada situação.

Como já abordado, por vezes as transformações não se devem a problemas de durabilidade, mas simplesmente à situação económica das pessoas, à evolução dos seus gostos e, porventura, à mudança de proprietários [35].

Ainda assim, a definição do conceito de vida útil funcional poderá ser feita tendo em conta determinados padrões de durabilidade, reparação e substituição de elementos. Alguns autores apresentam modelos para estimar a vida útil dos elementos baseados na evolução típica da degradação, em abordagens semelhantes às que se ilustram nas figuras 38 e 39:

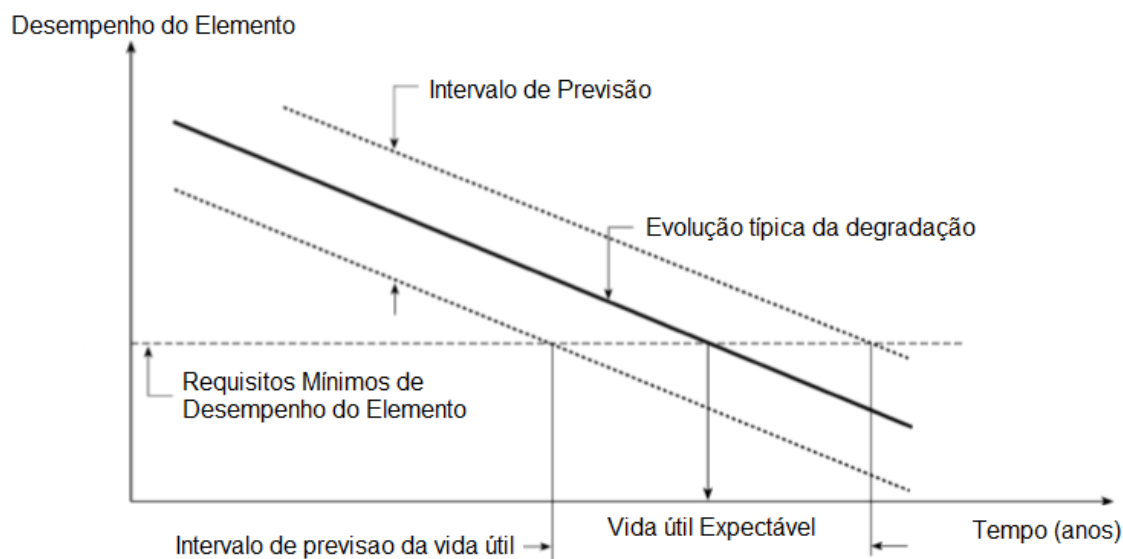


Figura 38 - Determinação da vida útil dos elementos construtivos tendo em conta a evolução típica da degradação [36, 37]

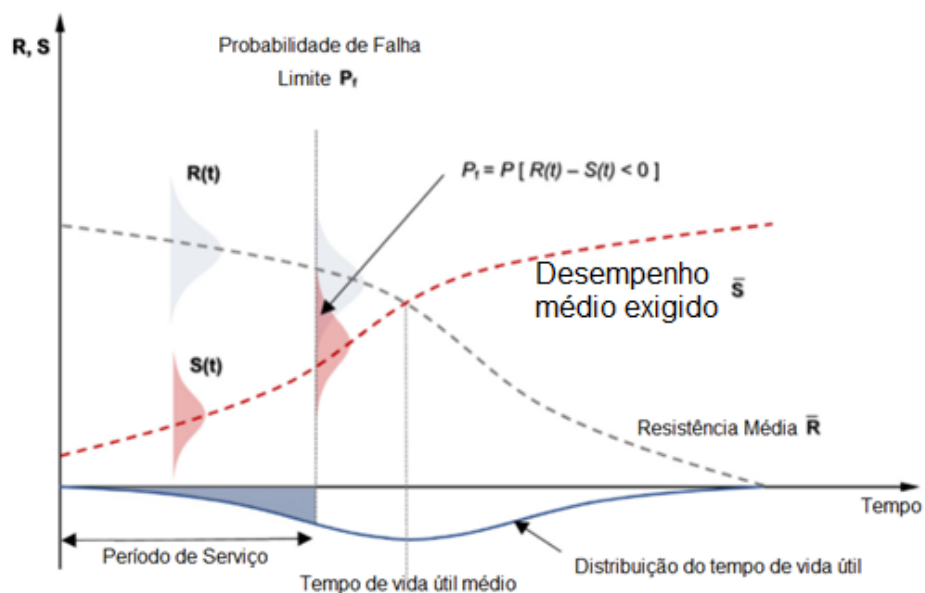


Figura 39 - Modelo probabilístico de previsão da vida útil dos elementos de construção (adaptado de [38])

Tendo em conta os requisitos mínimos de desempenho e a evolução do nível de degradação dos elementos, pretende-se assim estimar a vida útil dos elementos de construção.

Seguindo estas ou outro tipo de abordagens, existem assim algumas tentativas de estimar a vida útil de alguns subsistemas, em publicações como [22, 32, 39], que se apresenta nos quadros 3 e 4:

Quadro 3 - Vida útil das construções [39]

Elemento	Vida útil estimada do elemento	Causa de degradação
Estrutura	Entre 50 e 70 anos para betão	Mudanças rápidas muito dependentes do imobiliário
Fachadas e compartimentos interiores	Normalmente 15 anos que pode ir até 30 anos	Grande rotatividade e dependência tecnológica
Instalações e equipamentos diversos	Vida útil média entre 5 e 15 anos	Mudanças pequenas e permanentes
Acabamentos	Vida útil variável, que depende do grau de utilização, qualidade e execução	Longos períodos de serviço. Intervenções normalmente por manutenção ou reforço estrutural

Quadro 4 - Camadas de durabilidade de uma construção [22, 31, 35]

Camadas	Descrição	Vida útil (ritmo de substituição)
1. Envolvente extrínseca	Corresponde à envolvente circundante ao edifício	
2. Estrutura	Fundações e estrutura	Madeira: 30 anos Betão: 80 anos Pedra, tijolo: 300 a 3000 anos
3. Envolvente exterior	Coberturas e fachadas	20 anos (escritórios) 50 anos (habitação)
4. Infraestrutura	Redes elétricas, segurança integrada, telecomunicações, redes de fluídos, equipamentos mecânicos	7 a 15 anos (escritórios) 10 a 20 anos (habitação)
5. Compartimentação	Divisórias e acabamentos interiores	3 a 10 anos (lojas, serviços) 10 a 30 anos (habitação)
6. Mobília	Móveis, decoração interior, objetos quotidianos	

#### 2.5.5. VIDA ÚTIL ECONÓMICA

Em algumas situações, um edifício até pode ser fisicamente reabilitado, contudo poderá não ser economicamente viável devido à sua desvalorização ou, por de alguma forma, a sua demolição e substituição por outro edifício ser mais rentável. Logo, a vida útil económica pode ser definida como o período de tempo que decorre até que o edifício seja substituído por outra construção ou outra atividade mais rentável, ou enquanto for mais rentável que outro tipo de alternativa [21].

De facto, os custos geralmente avultados requeridos durante o processo de vida de uma construção têm conduzido ao desenvolvimento de ferramentas de análise económica de forma a compreender o custo real de um edifício e a racionalizar os gastos de intervenções de manutenção e de utilização [23]. Os custos ao longo da vida útil de um edifício podem ser de várias ordens, como se apresenta no quadro 5 [23, 32]:

Quadro 5 - Custos globais de um empreendimento [23, 32]

Custos iniciais	Planificação	Estudo de viabilidade
		Aquisição do terreno ou imóvel
		Taxas, impostos e licenças
	Construção	Projeto
		Instalação
		Empreitada
		Compra ou leasing de equipamentos
		Taxas, impostos e licenças
Custos de utilização	Custos correntes	Custos energéticos
		Limpeza
		Fornecimento de água, telefone, etc
		Segurança e vigilância
		Rendas e contratos
		Taxas e licenças
	Custos de manutenção	Inspeção
		Manutenção
		Reparação ou reabilitação
		Substituição de elementos
		Custos de oportunidade por perda de rentabilidade durante operações de manutenção
	Custos residuais	Desmontagem
		Demolição
		Reciclagem
	Impacte ambiental	Poluição, tráfego, etc

Algumas publicações [21, 22, 23, 24, 25, 26] remetem para o facto do custo do investimento inicial ser relativamente reduzido comparado com os custos globais de um edifício. Estima-se que para um período de vida de 50 anos de um edifício, os custos em manutenção e reparação possam ser o triplo do investimento inicial, tal como se apresenta nas figuras 40 e 41:

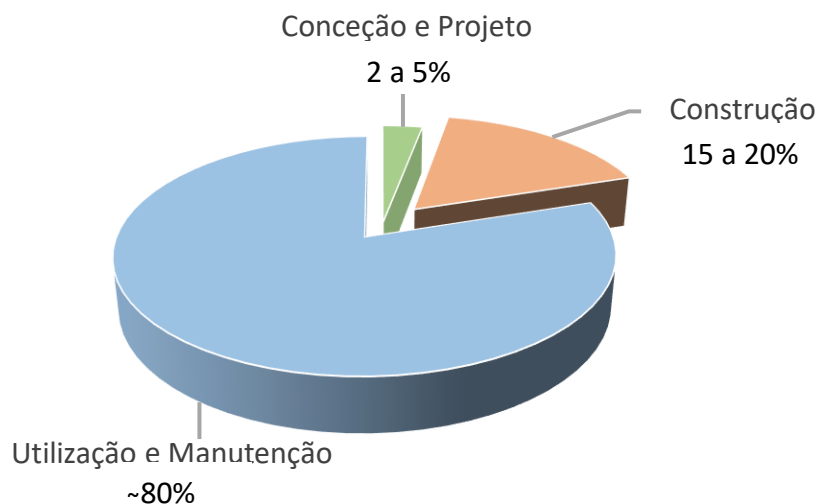


Figura 40 - Custos do ciclo de vida dos edifícios (adaptado de [40])

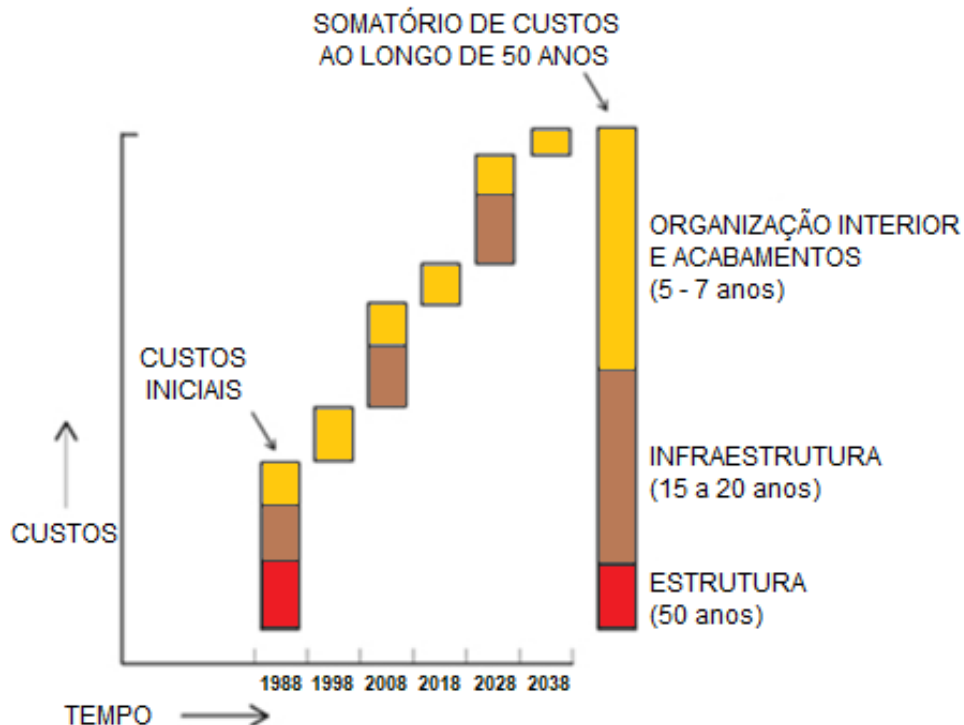


Figura 41 - Distribuição de custos ao longo da vida útil de um edifício, de acordo com a vida útil média de cada parte da construção (adaptado de [21, 22])

De referir também que, sabendo que existem custos ao longo do tempo de vida útil de um edifício, terá sempre de se fazer um balanço entre aquilo que é razoável ou possível, pelo que há que identificar qual o custo ótimo de qualidade que um edifício deve ter, partindo do pressuposto que para atingir a perfeição é necessário uma quantidade de gastos impossíveis de suportar, mas que também não é possível suportar um edifício sem ter qualquer gasto. Dessa forma, propõe-se que se estudem modelos que relacionem o custo e a qualidade, tal como aborda a figura 42.

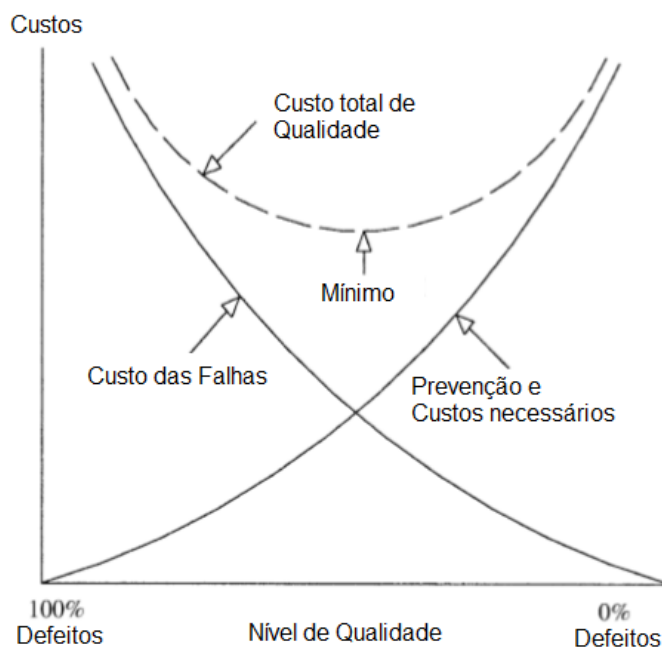


Figura 42 - Relação entre custos e níveis de qualidade (adaptado de [41, 42])

#### 2.5.6. VIDA ÚTIL FÍSICA

*“A vida útil física representa o período de tempo ao longo do qual um edifício se mantém num nível requerido de adequação às exigências que lhe são colocadas, ou permite acolher e responder a novos usos, sem sofrer desgaste físico (erosão ambiental, efeitos do uso, etc.) irreversível para além de uma manutenção corrente ou de investimentos equivalentes ao custo de reposição do elemento” [21, 43].*

À semelhança da análise feita para a vida útil funcional, também na vida útil física, os níveis de desempenho variam ao longo do tempo conforme a evolução das exigências, como por exemplo as de higiene, segurança e comportamento ao fogo.

Assim, para que um edifício corresponda a todas as exigências em qualquer momento da sua vida útil, será necessário que se realize investimentos constantes para acompanhar essa tendência e mitigar os efeitos da degradação, tal como se mostra na figura 43:



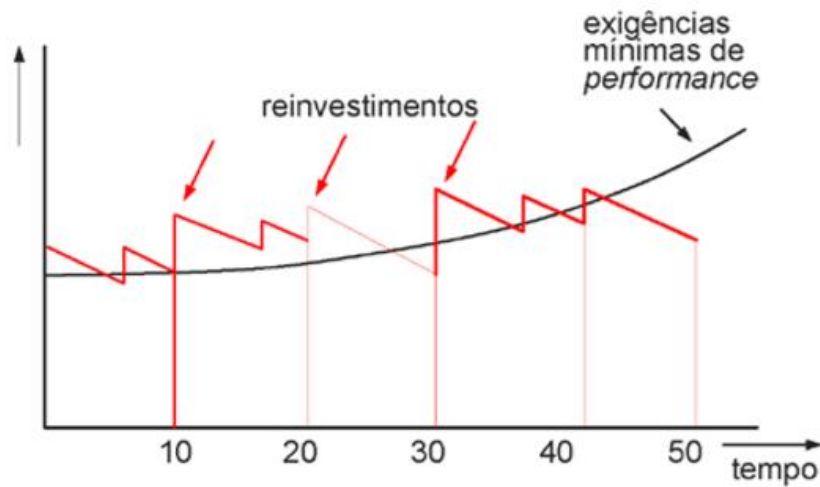


Figura 43 - Vida útil física de uma construção [21]

#### 2.5.7. FIM DA VIDA ÚTIL DE UMA CONSTRUÇÃO

O fim da vida útil de um edifício corresponde ao momento em que já não é possível assegurar o cumprimento das suas exigências, por qualquer um dos motivos já referidos anteriormente.

A figura 44 pretende ilustrar o processo de fim de vida útil, comparando diferentes tipos de exigências e os limites mínimos de satisfação [44, 45], concluindo que a degradação estética é aquela que mais cedo atinge o limite de insatisfação, compreendendo-se que é a que mais condiciona a vida útil de um edifício.

Ainda assim, esta é apenas uma abordagem que serve de exemplo para a criação de outro género de perspetivas.

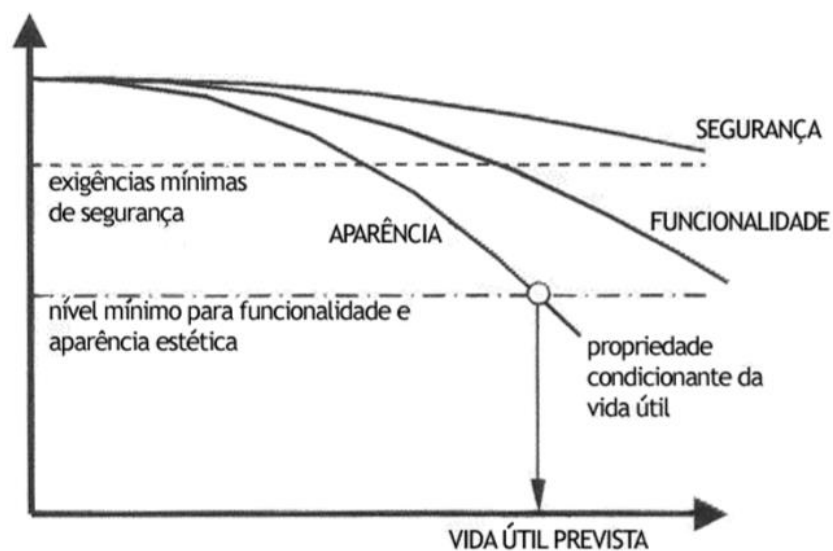


Figura 44 - Perda de desempenho de diferentes exigências e a sua relação com os limites de insatisfação [44, 46, 47]

## 2.6. ELEMENTOS FONTE DE MANUTENÇÃO - EFM

Recorrendo à visão sistémica de um edifício, identificando subsistemas e elementos, é possível estudar de forma mais precisa o fenómeno das patologias.

Uma vez que o comportamento de um edifício está associado ao comportamento dos seus subsistemas, e que qualquer falha no desempenho desses subsistemas irá criar a necessidade de intervir nesses mesmos subsistemas, quer pela reparação dos elementos, quer pela sua substituição, é comum designá-los como “Elementos Fonte de Manutenção” (EFM).

Dessa forma, os EFM serão o foco das intervenções a realizar para melhorar o comportamento do edifício, assim como o cerne das políticas de manutenção.

Da atribuição desta designação e dos estudos desenvolvidos na temática da manutenção, têm surgido algumas abordagens sobre como decompor um edifício em subsistemas e elementos de forma a puderem ser analisados de forma mais eficiente, nomeadamente em termos de custos.

Para o efeito, decidiu-se adotar a listagem de EFM proposta por Rui Calejo em “Manutenção de Edifícios – Análise e Exploração de uma Base de Dados de um Parque Habitacional” [1], e que se apresenta no quadro 6:

Quadro 6 - Lista de EFM proposta por Rui Calejo [1]

Nível 1	Nível 2	Nível 3
1. Elementos Edificados	1.1 Estrutura	1.1.1 Fundações
		1.1.2 EL. Verticais
		1.1.3 EL. Horizontais
	1.2 Panos de Parede	1.2.1 Exteriores
		1.2.2 Interiores
	1.3 Cobertura	1.3.1 Acessível
		1.3.2 Não acessível
2. Acabamentos	2.1 Revestimentos	2.1.1 Tetos
		2.1.2 Pavimentos
		2.1.3 Exteriores
		2.1.4 Interiores
	2.2 Vãos	2.2.1 Portas exteriores
		2.2.2 Janelas
		2.2.3 Portas interiores
3. Instalações	3.1 Abastecimento de água	3.1.1 Rede
		3.1.2 Louças e comandos
	3.2 Esgotos	3.2.1 Rede
	3.3 Eletricidade	3.3.1 Rede

		3.3.2 Aparelhos
4. Outros	4.1 Outros	4.1.1 Ventilação
		4.1.2 Equipamento
		4.1.3 Juntas
		4.1.4 Outros

A abordagem proposta permite diferenciar alguns níveis e referenciar os elementos através de um código numérico. A distinção em diferentes níveis facilita o enquadramento das intervenções e das manifestações patológicas conforme tiverem um âmbito mais geral ou pormenorizado, para além de individualizar os EFM. Já a codificação simplifica o tratamento automático da informação.

Existem outras abordagens como as que se apresentam de seguida:

- A publicação japonesa de 1983 de Yoshiko Fujimoto [48], na figura 45:

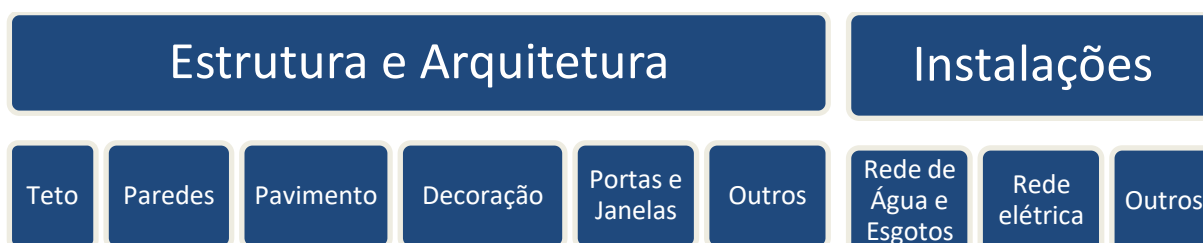


Figura 45 - Lista de EFM proposta por Yoshiko Fujimoto [48]

- A publicação [49], no âmbito de uma peritagem das anomalias numa escola secundária, no quadro 7

Quadro 7 - Lista de EFM proposta na publicação [49]

Código	Grupo
1	Pavimentos e drenagens exteriores
2	Elementos construtivos exteriores
3	Elementos em betão
4	Estruturas metálicas
5	Estruturas em madeira
6	Alvenarias
7	Divisórias leves
8	Cantarias
9	Juntas de dilatação

10	Revestimento de paramentos
11	Revestimento de pisos
12	Revestimento de tetos
13	Revestimentos de escadas
14	Revestimento de coberturas inclinadas
15	Coberturas em terraço
16	Tetos falsos
17	Carpintarias
18	Serralharias
19	Vidros e espelhos
20	Pinturas/ marcações/ acabamentos
21	Equipamento fixo e móvel
22	Instalações de canalização e equipamentos
23	Instalações elétricas
24	Instalações AVAC
25	Instalações de telecomunicações
26	Instalações de segurança contra incêndios
27	Instalações de segurança contra intrusão

- Na publicação [50], no âmbito de uma dissertação de doutoramento, no quadro 8:

Quadro 8 - Lista de EFM proposta segundo a publicação [50]

Subsistema de 1º nível	Subsistema de 2º nível	Código	Elementos
Construção	Envolvente exterior de edifício	1	Paredes exteriores
		2	Vãos exteriores de janelas e portas
	Cobertura	3	Cobertura
		4	Redes de águas pluviais
		5	Alvenaria de cobertura
		6	Alvenarias
		7	Claraboias
	Interior de edifício	8	Paredes interiores
		9	Tetos falsos

		10	Vãos interiores
		11	Corrimão e guarda corpos interiores
	Revestimentos acabamentos e	12	Revestimentos de parede exteriores
		13	Revestimento de tetos exteriores
		14	Revestimento de pavimentos
		15	Revestimento de paredes interiores
		16	Revestimento de tetos interiores
Instalação e equipamentos		17	Rede de abastecimento de águas
		18	Aquecimento, ventilação e ar condicionado
		19	Sistema de deteção e combate a incêndios
		20	Sistema anti-intrusão
		21	Rede de eletricidade
		22	Rede de abastecimento de gás
		23	Instalações eletromecânicas
Espaços exteriores		24	Espaços exteriores

- Na publicação [51], um livro publicado sobre a manutenção e conservação de edifícios, propõe uma grande listagem, de que se apresentam algumas partes no quadro 9

Quadro 9 - Lista de EFM proposta segundo a publicação [51]

Função	EFM
1.1 Estrutura	1.1.1 Fundações
	1.1.2 Elementos verticais
	1.1.3 Elementos horizontais
1.2 Paredes	1.2.1 Exteriores
	1.2.2 Interiores
1.3 Coberturas	1.3.1 Planas
	1.3.2 Inclínadas
2.1 Revestimentos horizontais	2.1.1 Exteriores

	2.1.2 Interiores
2.2 Revestimentos verticais	2.2.1 Exteriores
	2.2.2 Interiores
2.3 Vãos exteriores	2.3.1 Portas
	2.3.2 Janelas
2.4 Vãos interiores	2.4.1 Portas
	2.4.2 Janelas
2.5 Equipamentos e outros	2.5.1 Carpintarias
	2.5.2 Serralharias
3.1 Abastecimento de água	3.1.1 Rede
	3.1.2 Equipamentos
3.2 Drenagem das águas Residuais	3.2.1 Rede
	3.2.2 Caixa de visita
3.3 Drenagem de águas pluviais	3.3.1 Rede
	3.3.2 Caixas de visita
3.4 Abastecimento de gás	3.4.1 Rede
	3.4.2 Comandos
3.5 Abastecimento de energia	3.5.1 Rede
	3.5.2 Comandos e aparelhagens
3.6 Segurança contra incêndios	3.6.1 Rede
	3.6.2 Equipamentos
3.7 Ventilação	3.8.1 Rede
	3.8.2 Equipamentos
3.8 Climatização	3.9.1 Rede
	3.9.2 Equipamentos
3.9 Outras instalações técnicas	
4.1 Outros sistemas e elementos	

Para além disso, existem ainda alguns autores que procuram estudar critérios para a avaliação qualitativa de anomalias em EFM. Dessa análise destaca-se o quadro 10:

Quadro 10 - Critérios de avaliação de anomalias em EFM [52]

Critério a avaliar	Níveis de classificação	
Necessidade de intervenção segundo o estado de degradação	Bom: não necessita de manutenção nos próximos 5 anos	
	Adequada: necessidade de manutenção entre 3 e 5 anos	
	Pobre: necessidade de manutenção entre 1 e 2 anos	
	Muito pobre: reparação imediata	
Extensão das anomalias	Extensão mínima (< 5%)	
	Extensão média (entre 5% e 33%)	
	Extensão considerável (entre 34% e 66%)	
	Extensão alta (> 67%)	
Análise da necessidade de intervenção de cada EFM	Incidência da anomalia	Alta
		Média
		Reduzida
	Extensão da anomalia	Alta
		Média
		Reduzida
	Consequência	Alta
		Média
		Reduzida
	Custo	Alto
		Médio
		Reduzido
Categoria de risco	A- Perigo de vida	
	B- Risco para a integridade física	
	C- Perigo de saúde	
	D – Custos de reparação	
	E – Custos de intensificação da anomalia	
	F – Interrupção no uso do edifício	
	G- Segurança comprometida	
	H – Sem problemas	

Ação de manutenção de acordo com o estado de degradação físico ou funcional	Bom estado: Manutenção
	Degradação ligeira: Reparação ligeira
	Degradação média: Reparação média
	Fim do ciclo de vida: Substituição
	Potencial de evolução: Melhorar

## 2.7. COMPORTAMENTO DE UM EDIFÍCIO EM SERVIÇO

Como já abordado, dentro de uma visão sistemática em que os edifícios podem ser decompostos em sistemas, órgãos e subsistemas funcionais, o edifício, os seus elementos e componentes, através da sua interdependência e compatibilidade, devem cumprir um conjunto de exigências funcionais e de desempenho.

Da resposta dada pelos diferentes sistemas às exigências requeridas poder-se-á atingir um determinado nível de qualidade, que define o nível de qualidade inicial do edifício enquanto novo, nível de qualidade esse que poderá ser avaliado consoante a evolução e alteração da capacidade dos diversos sistemas cumprirem as suas funções, que poderá caracterizar o grau de degradação do edifício.

Dessa forma, é possível, pelo menos em termos teóricos, correlacionar o fator degradação e qualidade do edifício, como se demonstra na figura 46:

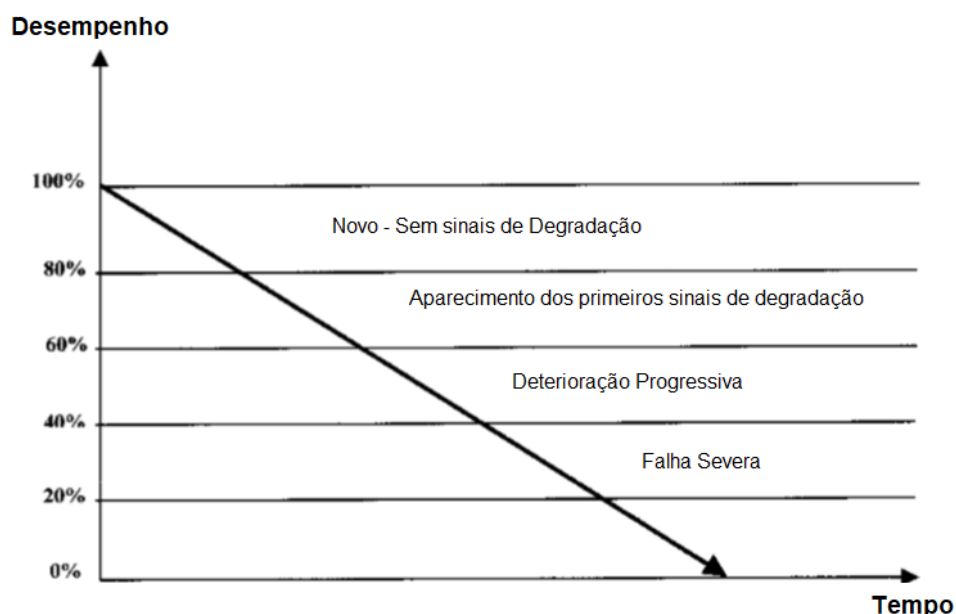


Figura 46 - Estados de degradação (adaptado de [53])

Dessa interpretação, é possível representar o comportamento do edifício em serviço, através da curva “nível de qualidade-tempo”

Dos modelos existentes destacam-se 4 tipos de modelos padrão, que representam no eixo das ordenadas o desempenho (D) e nas abcissas, o tempo de vida, tal como se mostra na figura 47 [18, 54]:



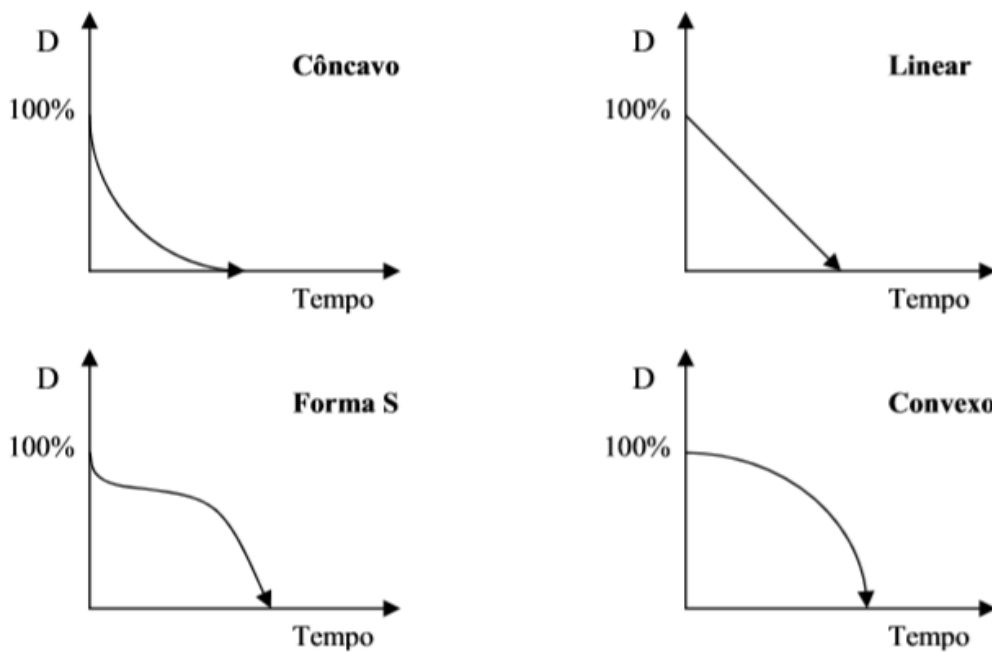


Figura 47 - Modelos padrão de perda de desempenho dos edifícios [18, 54]

Realçam-se, assim, os modelos de forma côncava e convexa para a perda de desempenho dos edifícios, modelos que pressupõe uma perda de desempenho linear no tempo e os modelos de forma em “S”, os mais aceites pela comunidade científica.

Existem ainda outros modelos semelhantes, que alteram apenas do ponto de vista visual, pois alteram o sentido dos eixos de referências, como o seguinte denominado modelo invertido [18, 55]:

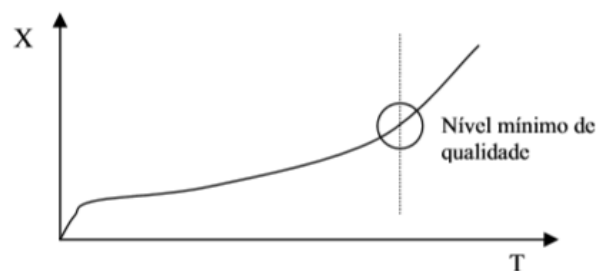


Figura 48 - Modelo Invertido da Evolução da perda de Desempenho [18, 55]

Para além de modelos de avaliação da perda de desempenho, existem também outros que analisam a probabilidade de ocorrência de determinada anomalia durante a vida útil do edifício. Segundo Moubray [56], os modelos de degradação podem-se dividir em 6 tipos de modelos probabilísticos diferentes, como se apresenta na figura 49:

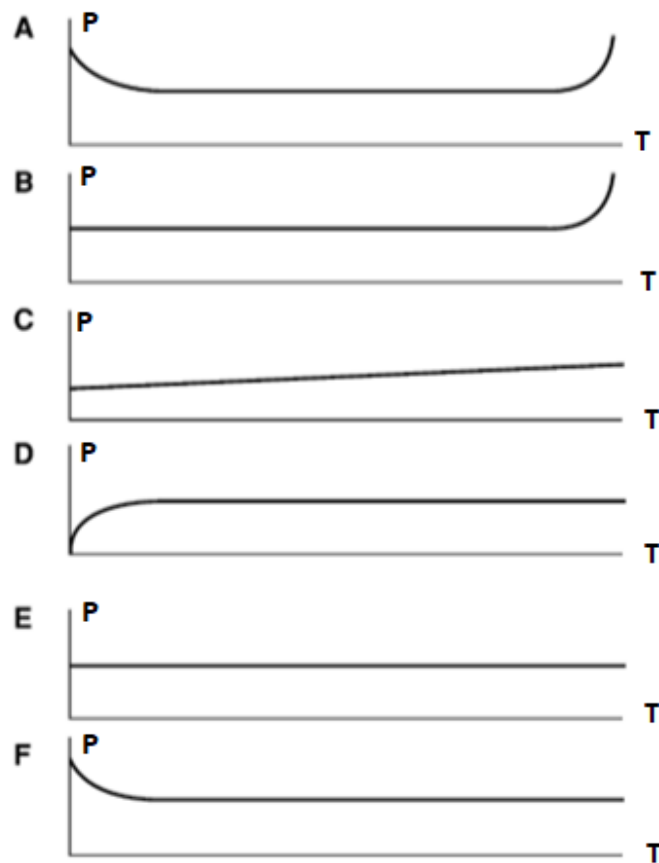


Figura 49 - Modelos da probabilidade da ocorrência de anomalias [36, 56]

Da figura destaca-se o seguinte:

- Modelo A – Padrão de degradação variável ao longo do tempo
- Modelo B – Padrão de degradação linear ao longo do tempo
- Modelo C – Padrão de deterioração com probabilidade crescente, habitualmente associada a falhas por fadiga
- Modelo D – Padrão de degradação com uma curva de probabilidade condicional associada a uma distribuição Weibull
- Modelo E – Padrão aleatório de deterioração, nos quais a probabilidade de falha é constante ao longo do tempo
- Modelo F – Padrão nos quais a probabilidade de falha diminui com a idade, associado a projetos inadequados, falhas nas instalações, etc

De todos os modelos identificados, o que parece ser mais comumente estudado é o modelo A, também designado por “curva da banheira”, que analisa a probabilidade de ocorrência de determinada anomalia (P) durante a vida útil do edifício (T), e que se apresenta na figura 50 [18, 57]:

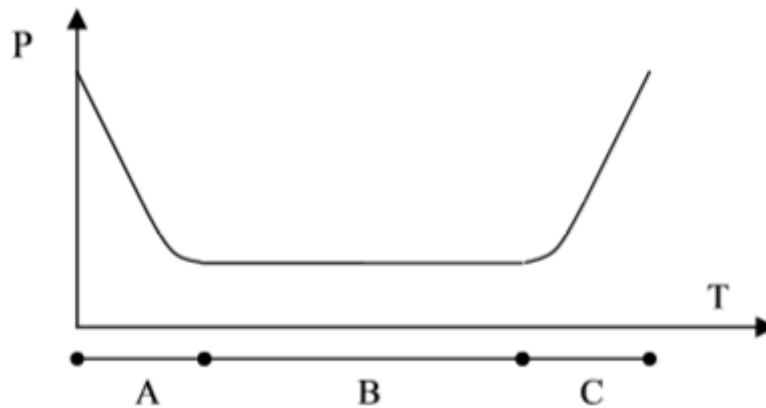


Figura 50 - Evolução da probabilidade de ocorrência de anomalias ao longo da vida útil do edifício [18, 57]

Deste modelo evidenciam-se os seguintes pontos:

- O período “A” corresponde ao início da utilização do edifício, compreendendo-se que existe uma grande probabilidade de ocorrerem anomalias, por norma associadas a erros de projeto e construção;
- A fase “B” corresponde à etapa seguinte à fase de utilização inicial, entendendo-se que a probabilidade de ocorrências de erros é menor e constante ao longo do tempo, normalmente derivada de erros de utilização;
- A etapa “C” corresponde ao período final da vida útil do edifício, altura em que a probabilidade de surgirem problemas é maior, normalmente associados ao envelhecimento acelerado fruto por exemplo do desgaste, corrosão, perda de isolamento, etc.

Outras abordagens incluem também modelos probabilísticos para o comportamento de um edifício em estado de degradação, representando-se uma distribuição temporal influenciada por parâmetros como a média e a variância, como se apresenta na figura 51:

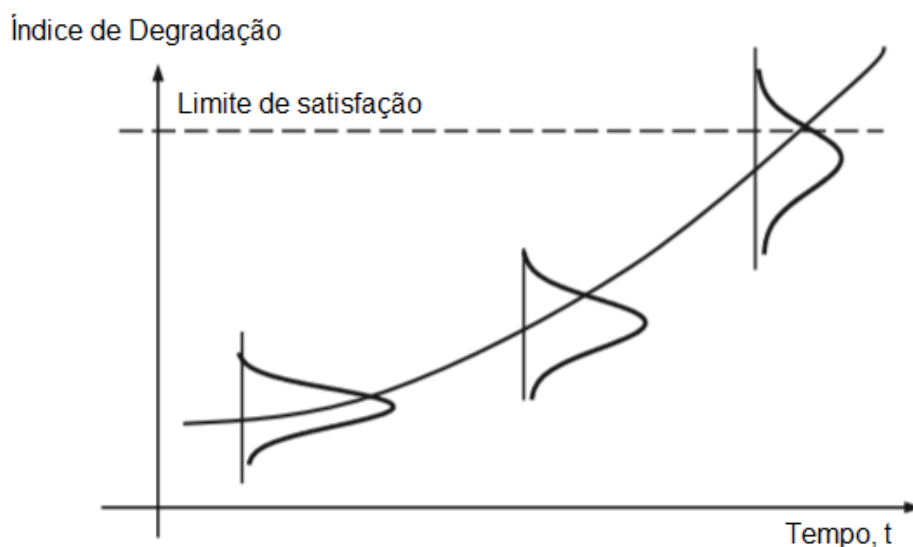


Figura 51 - Comportamento probabilístico da degradação (adaptado de [58])

Dos modelos da perda de desempenho, o que parece ser mais realista é o modelo com forma em “S” [1, 43, 55], sendo, contudo, de referir que muitos modelos não estão suficientemente desenvolvidos, tendo em conta que não consideram muitas vezes, dada a dificuldade, a existência de comportamentos inesperados provocados por qualquer tipo de erro, ou acidente.

Considerando, então, o modelo que parece corresponder melhor à realidade, entende-se que um edifício, com as suas características próprias e um certo nível de qualidade inicial, logo após a sua entrada em funcionamento começa a apresentar sinais de desgaste, caracterizado por uma degradação precoce acentuada, também conhecida como decaimento inicial da qualidade. As causas dessa degradação prematura estão, normalmente, associadas a erros de projeto e execução, muito evidentes na fase inicial de utilização de um edifício [1].

Após a passagem dessa fase inicial, a degradação variará conforme o tipo de utilização e as políticas de manutenção implementadas, podendo sofrer uma grande diminuição da qualidade conforme o aparecimento de anomalias e patologias mais ou menos graves.

Com o passar do tempo, e à medida que se aproxima o fim do período de vida útil dos elementos de construção, essa degradação tende a apresentar um ritmo mais elevado [1].

A abordagem feita a esse modelo ilustra-se na figura 52:

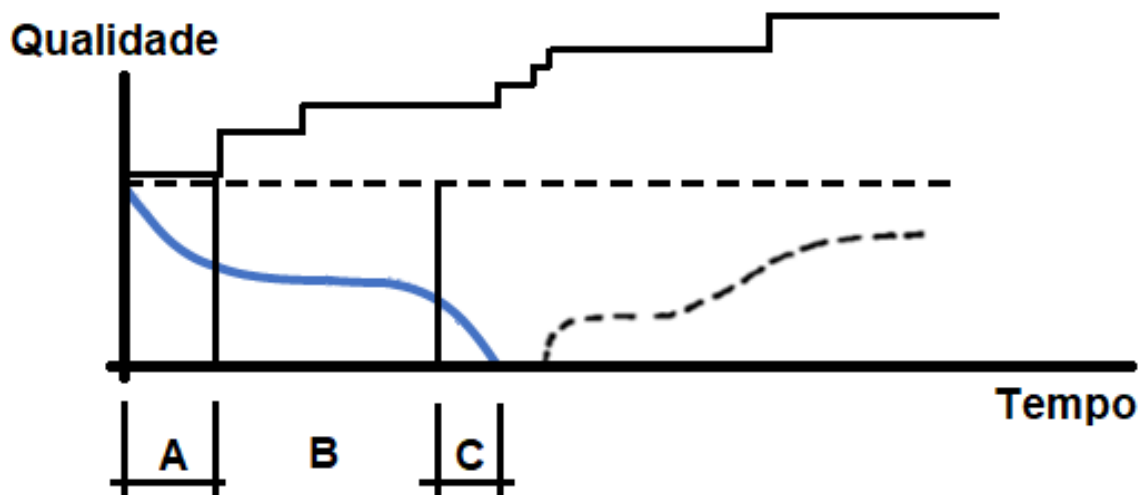


Figura 52 - Relação qualidade-tempo de um edifício em serviço, na ausência de manutenção (adaptado de [1])

Através da figura 52, identificam-se os seguintes aspetos:

- O nível de qualidade no início de utilização do edifício, zona A, sofre um decréscimo acentuado, designado por comportamento inicial;
- Após a fase inicial, o nível de qualidade, devido à utilização e a efeitos dos agentes físicos, continua a descer, mas de forma mais lenta, designando o comportamento em serviço (zona B)
- Na etapa final, zona C, e à medida que se atinge o fim do período de vida útil, denota-se um decréscimo da qualidade acentuado e mais rápido até atingir o limite de insatisfação. Por norma, a descida acentuada do nível de qualidade nesta etapa ocorre, de forma possivelmente natural com o atingir do limite de vida útil, mas também devido à ausência de ações de manutenção que reponham os níveis de desempenho.

De notar que este modelo contempla o aumento dos níveis de desempenho requeridos com o tempo, fruto da atualização de normas e medidas padrão de desempenho, embora não represente o aumento do nível mínimo exigido, em consequência do aumento da expectativa dos utentes.

Outras abordagens semelhantes foram feitas noutras publicações. Ao contrário do modelo anterior, a abordagem que se apresenta na figura 53 não contempla o crescimento gradual com o tempo dos desempenhos máximo e mínimo.

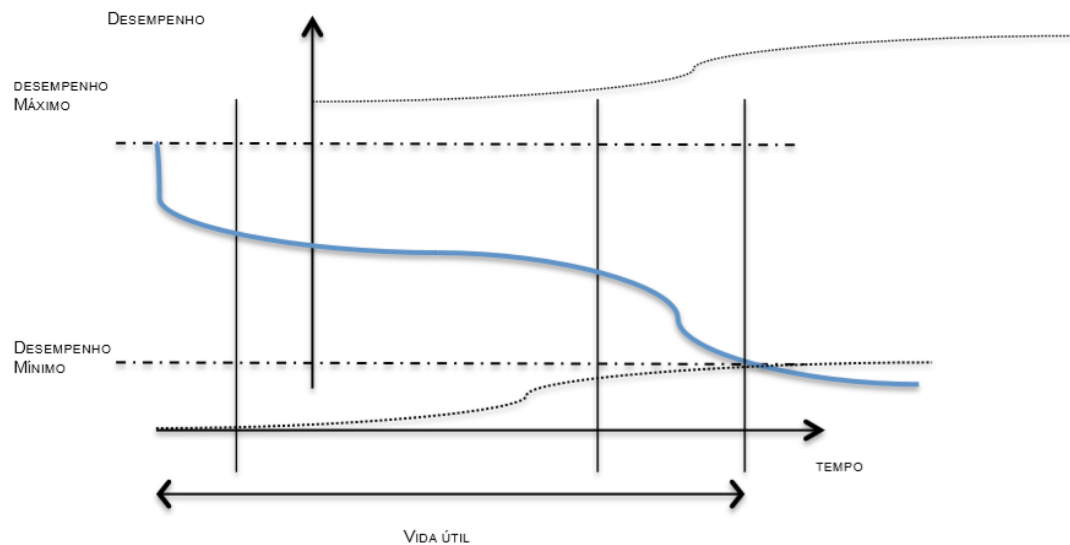


Figura 53 - Curva teórica do comportamento de um edifício [35, 59]

Ainda assim, no que concerne à evolução da degradação de um edifício, o modelo é compatível com o anterior, pressupondo que o nível de qualidade sofre um decréscimo acentuado na fase inicial, estabilizando ao longo do período em serviço e aumentando bruscamente conforme se atinge o limite da vida útil.

No sentido de combater a degradação verificada nos edifícios, existem vários tipos de intervenção possíveis de forma a repor a qualidade inicial de um edifício ou até mesmo superá-la, como se ilustra nas figuras 54 e 55:

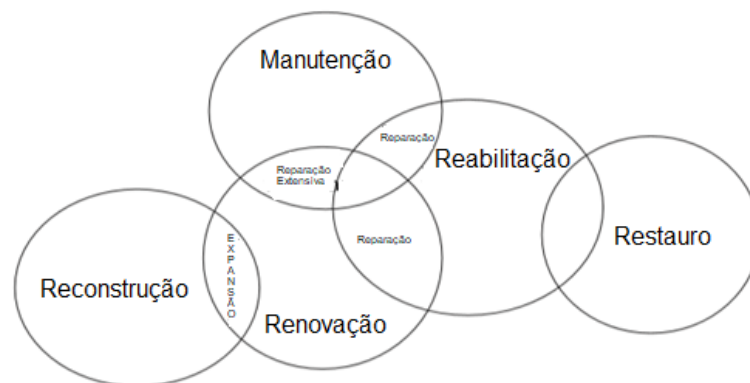


Figura 54 - Tipos de Intervenção num edifício (adaptado de [60, 61])

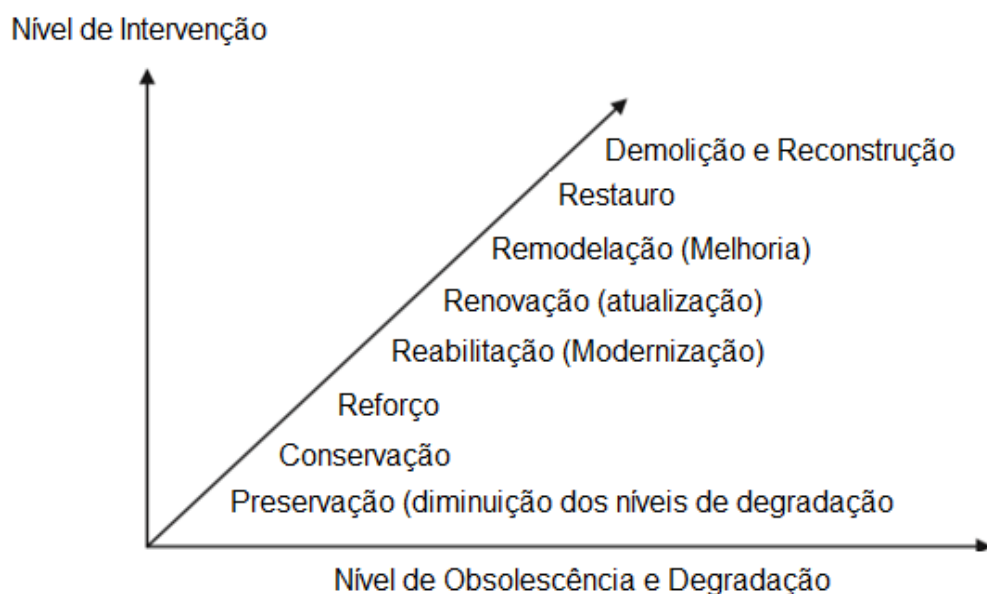


Figura 55 - Alcance de diferentes tipos de intervenção (adaptado de [62, 63])

Com o objetivo de mostrar o efeito de algumas dessas intervenções na melhoria da qualidade e desempenho do edifício, destaca-se a figura 56:

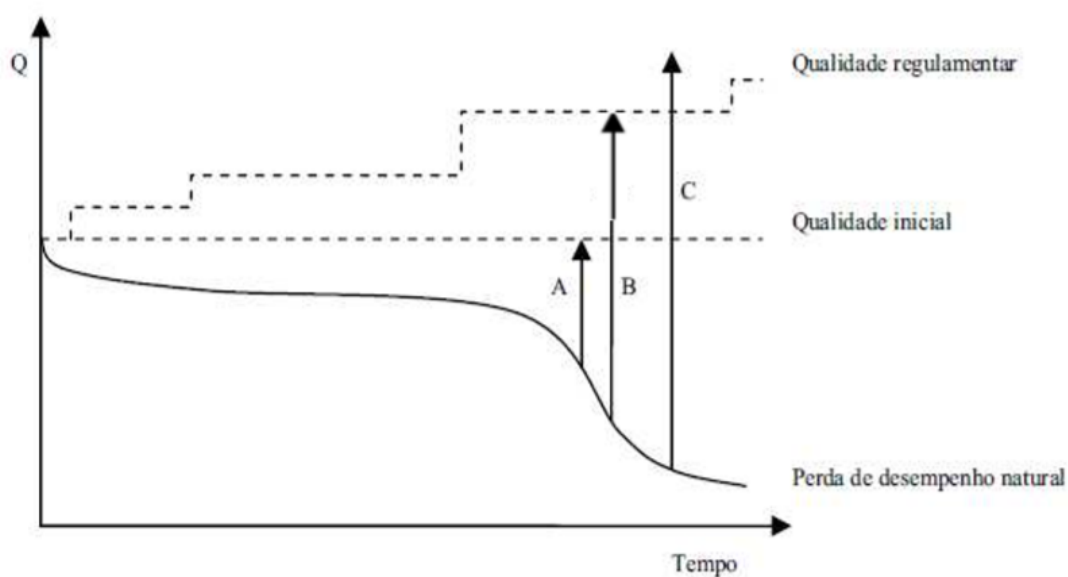


Figura 56 - Evolução do nível de qualidade de um edifício [18, 64]

Da figura 56 fica saliente o seguinte:

- Existe um decaimento inicial da qualidade com um ritmo de degradação maior no início da utilização do edifício;
- Por meio da Manutenção, vetor A, é possível repor a qualidade inicial;

- Por meio da Reabilitação, vetor B, é possível aumentar o nível de desempenho e ultrapassar a qualidade inicial;
- Por meio da Renovação, vetor C, é possível de forma análoga aumentar os níveis de qualidade e possivelmente ultrapassar até os níveis do patamar de qualidade regulamentar;

Também, na publicação [59], faz-se referência ao tipo de intervenções que visam melhorar os níveis de desempenho dos edifícios, sendo que nesse caso se destacam as intervenções de modernização, reparação e restauração, como se ilustra na figura 57:

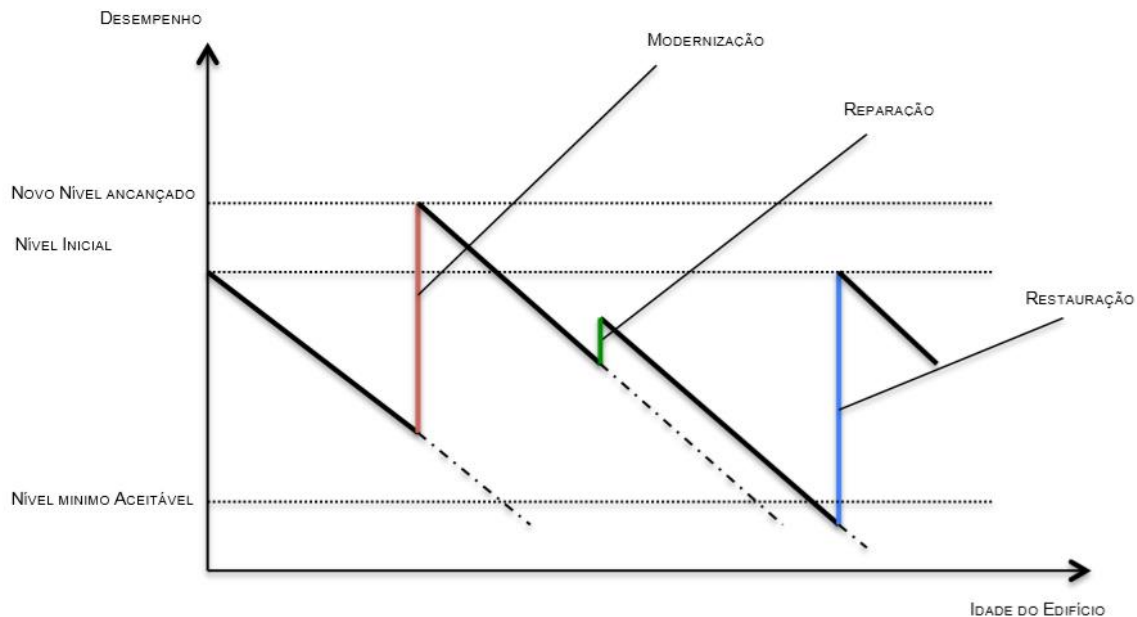


Figura 57 - Tipos de intervenção num edifício [59]

Denote-se que neste modelo se assume que a degradação dos edifícios ocorre de forma linear no tempo, que os níveis mínimos de desempenho se mantêm constantes ao longo do tempo, e que:

- Por via da modernização é possível aumentar consideravelmente o nível de desempenho de um edifício, superando-se o nível de qualidade inicial;
- Por via da reparação há um ligeiro aumento do nível de desempenho, sendo visível, contudo, que não é possível alcançar o nível de qualidade inicial;
- Por via da restauração é possível retomar o nível de qualidade inicial;

## 2.8. MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS

Segundo a Norma Portuguesa EN13306-2007 [27], manutenção é a “*combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida*”.

Visto que existem modelos que preveem o comportamento e degradação de um edifício, muitos autores, recorrendo a esses modelos, têm tentado demonstrar a influência que a implementação de práticas de manutenção tem na melhoria do desempenho dos edifícios e posteriormente na qualidade de vida daqueles que os utilizam.

Nesse sentido, têm-se criado metodologias para avaliar o estado de degradação de um edifício antes e depois de serem submetidos a intervenções de manutenção.

Alguns modelos consideram que a perda de desempenho ocorre de forma linear, como se representa na figura 58, demonstrando-se a evolução do nível de desempenho e os efeitos da manutenção e reparação na melhoria da qualidade:

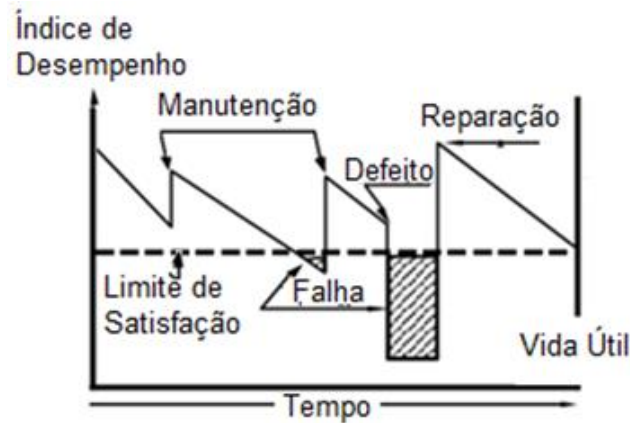


Figura 58 - Evolução do nível de desempenho ao longo da vida útil de um elemento de construção (adaptado de [65, 66])

Desta abordagem fica patente que:

- Por via da manutenção é possível aumentar o nível de desempenho do elemento;
- A ocorrência de um defeito diminui bruscamente o desempenho do elemento, colocando-o em níveis de desempenho inaceitáveis, representado na figura com o termo “falha”;
- A intervenção no elemento através da sua reparação repõe o nível de qualidade inicial e, acima de tudo, garante um desempenho aceitável.

Outros modelos consideram, como já abordado, que a perda de desempenho ocorre de forma variável ao longo do tempo, mas acima de tudo partem do mesmo pressuposto de que a manutenção é benéfica para aumentar os níveis de qualidade, como se mostra na figura 59:

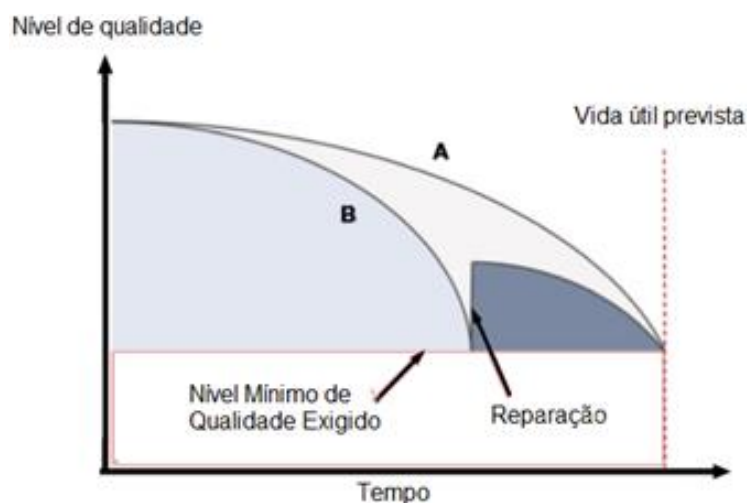


Figura 59 - Desempenho de um elemento de construção ao longo da vida útil (adaptado de [38])



Outras abordagens consideram modelos determinísticos de durabilidade, em que se atribuem curvas de ajuste relacionadas a diferentes níveis de degradação dos elementos de um edifício (0-5), como a representava na figura 60:

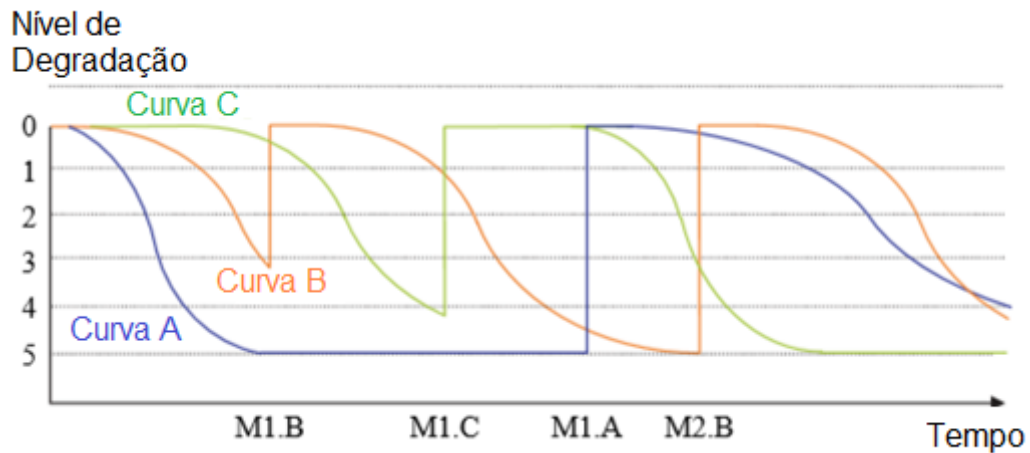


Figura 60 - Modelos determinísticos de durabilidade (adaptado de [67])

Destaca-se do modelo anterior que quando ocorre alguma intervenção de manutenção assume-se que a curva regressa ao nível inicial (nível 0) significando que a intervenção eliminou todos os defeitos e repôs a qualidade inicial. No entanto, dependendo da eficácia da ação de manutenção a curva de degradação tenderá a assumir uma inclinação mais acentuada, caso a ação for inadequada, devido à degradação mais rápida (curva C), ou uma inclinação mais plana se a manutenção for eficaz (curva A).

Para além destes modelos que relacionam as ações de manutenção e o nível de qualidade de um edifício, existem também outros semelhantes que assumem que a vida útil de um elemento pode ser aumentada com ações de manutenção, como se demonstra na figura 61:

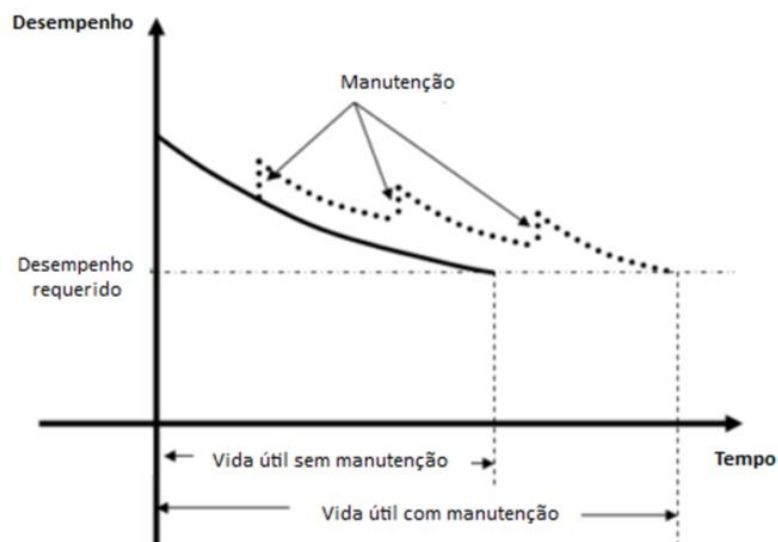


Figura 61 - Desempenho de um edifício ao longo do período de vida útil [68]

Também, em [69], apresenta-se uma abordagem diferente, mas que procura, também, salientar a possibilidade de aumentar a vida útil dos edifícios, ou elementos por via da manutenção, como se apresenta na figura 62:

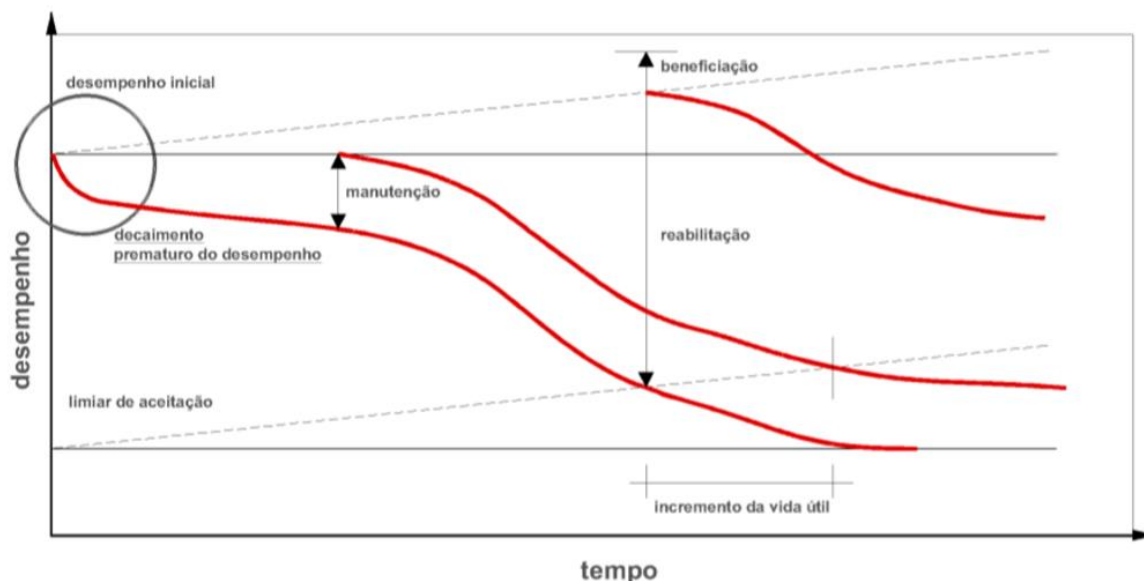


Figura 62 - Evolução do nível de desempenho [69]

Sabendo que por via da manutenção é possível aumentar a vida útil de um edifício e melhorar o seu desempenho, distinguem-se ainda, em algumas publicações, tipos de manutenção e os seus efeitos, como se ilustra na figura 63. Os tipos de manutenção existentes serão objeto de estudo no capítulo seguinte.

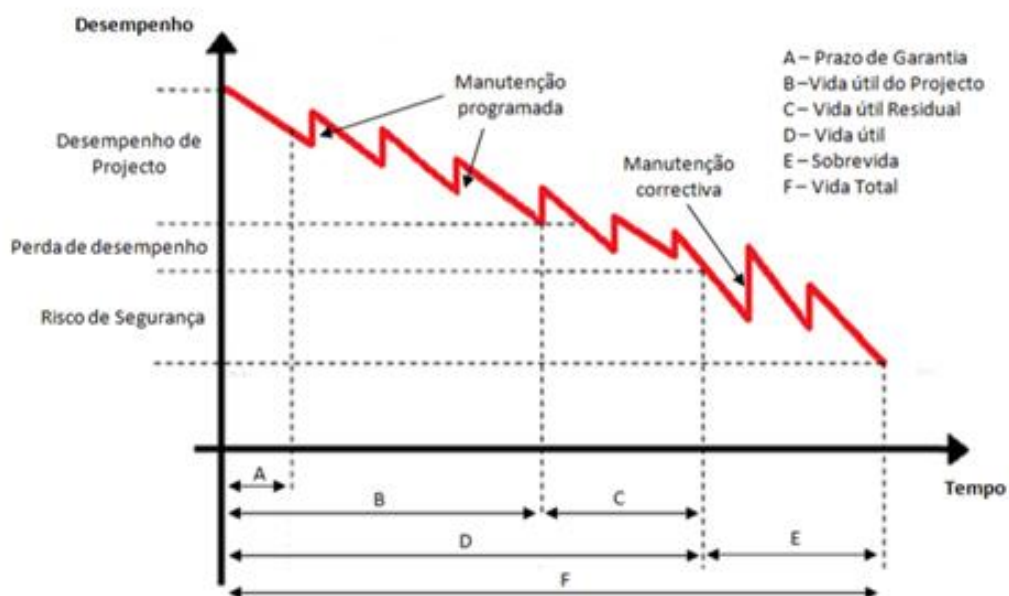


Figura 63 - Desempenho de um edifício ao longo da vida útil [68]

Na figura 64, apresentam-se várias hipóteses do comportamento da curva de degradação após a realização de uma ação de manutenção [70]:

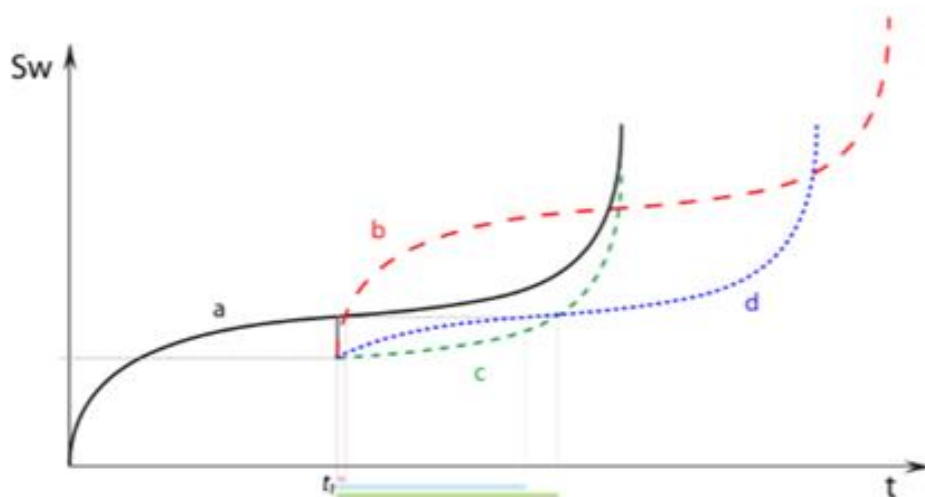


Figura 64 - Curva teórica de degradação (SW) ao longo do tempo (t) com hipóteses de curvas após manutenção a tracejado [70]

Da figura representada destacam-se:

- A curva “a” que representa uma degradação inicial acentuada do elemento de construção, seguida de uma fase mais estável de degradação praticamente constante. No final, dá-se uma degradação muito intensa, ultrapassando-se os limites máximos de degradação;
- O momento  $t_1$  que representa um momento onde ocorre uma ação de reparação, elevando-se o nível de qualidade do elemento, embora não se reponham as condições iniciais de degradação (0% de degradação);
- As curvas “b”, “c”, “d”, que iniciam no momento da reparação, representam hipóteses de comportamento após a intervenção de manutenção. Sob o eixo das abcissas está representado o intervalo de tempo que o elemento demora a atingir o grau de degradação correspondente ao momento anterior à intervenção;
- A curva “b” que segue o mesmo ritmo de degradação do elemento no início de utilização. Essa hipótese não é eficaz, pois o elemento nesse caso atingiria muito rapidamente o nível de degradação que se tentou corrigir;
- A curva “c” que apresenta um ritmo de degradação que o elemento teria caso não sofresse nenhuma intervenção;
- A curva “d” que apresenta um ritmo de degradação definido pela forma de atuação. Nesta curva denota-se que o elemento até poderá vir a registar o mesmo nível de degradação que se tentou corrigir, mas levará muito mais tempo que em todas as outras curvas. Assim sendo, poderá dizer-se que a intervenção levada a cabo foi eficaz;

De forma a estudar melhor esta abordagem, representa-se na figura 65, do lado esquerdo a curva “c” e do lado direito a curva “d”. Nos gráficos de cima, varia-se o momento em que a intervenção é realizada,

introduzindo-se em cada caso o mesmo ritmo de melhoria de desempenho. Nos gráficos de baixo, faz-se uma comparação com a introdução de duas medidas de natureza diferente.

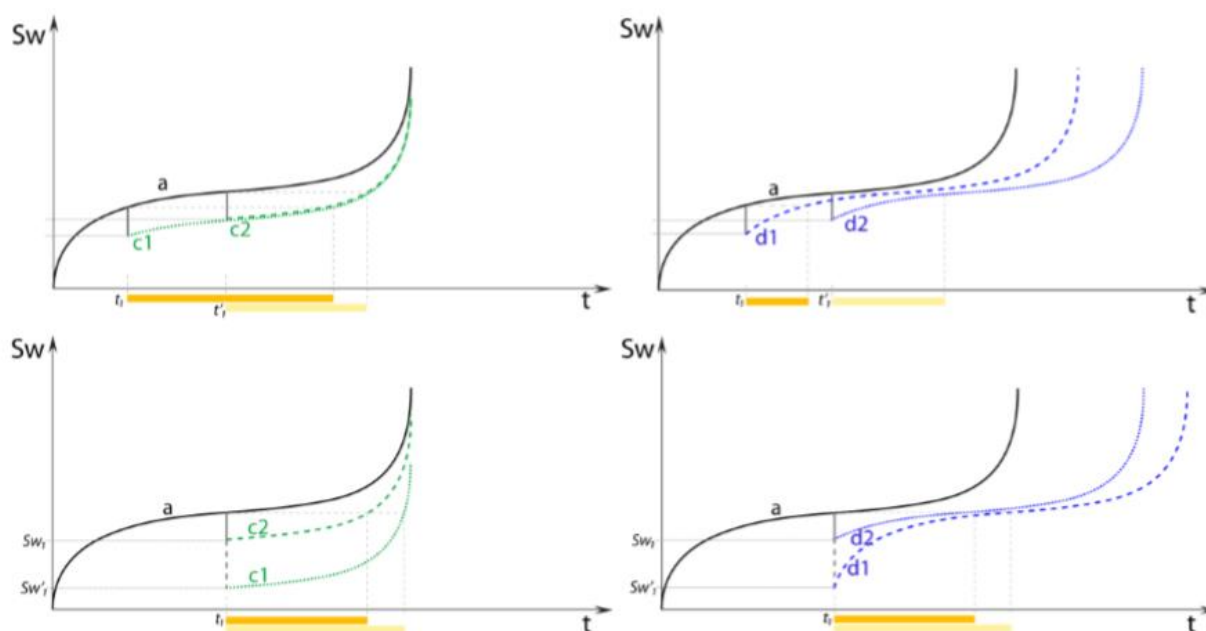


Figura 65 - Curva teórica de degradação ( $Sw$ ) ao longo do tempo ( $t$ ) com hipóteses de curvas após manutenção a tracejado, de acordo com o momento da manutenção e os ganhos em termos de redução da degradação [70]

Por comparação das situações representadas pelas curvas “c” e “d” (à esquerda e à direita, respetivamente), conclui-se que a curva “d” tem tendência para adiar a fase de degradação intensiva, enquanto que a curva “c” representa um maior distanciamento entre a degradação sem manutenção e a degradação com manutenção, ficando isto ainda mais perceptível quando se implementam as melhorias provocadas pela ação da manutenção. Contudo, este facto não se manifesta no adiamento de nova intervenção, pois não se identificam diferenças relevantes entre o período de tempo da hipótese da curva “c” (em baixo) e a hipótese da curva “d” (em baixo).

Na hipótese de alterar o momento da realização da intervenção, denotam-se diferenças significativas em relação ao intervalo de tempo em que se deve realizar uma nova intervenção (dado que se atinge o nível de degradação crítico).

A hipótese representada pelas curvas do tipo c permite um adiamento de nova intervenção se a ação de manutenção for antecipada. Por outro lado, nas curvas do tipo “d” identifica-se um período superior entre o primeiro e o segundo momento de manutenção mais longo se a ação de manutenção for introduzida mais tarde, numa fase de degradação contínua e estável.

Seguindo outro tipo de abordagem, demonstra-se, na figura 66, o conceito de manutenção e a sua influência no nível de qualidade de um edifício:

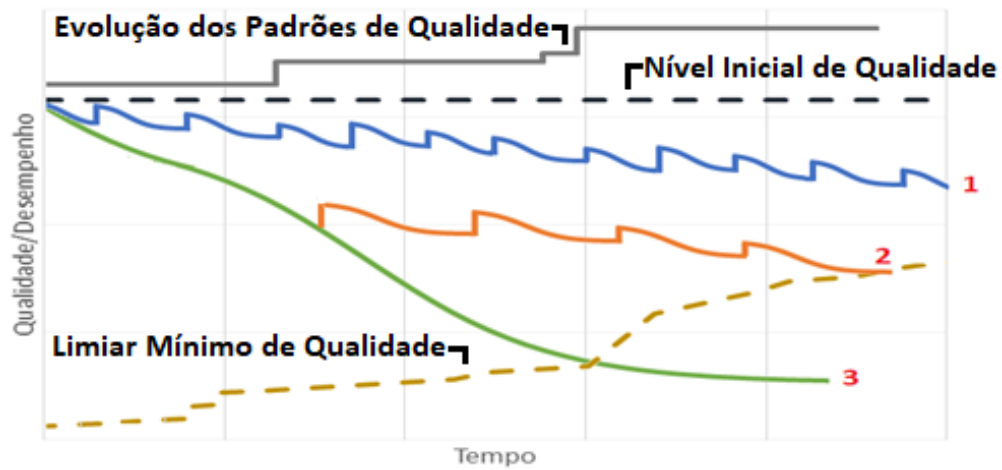


Figura 66 - Relação qualidade-tempo de um edifício em serviço, adotando políticas de manutenção (adaptado de [1])

Da figura 66, identificam-se três estilos de manutenção [1]:

- Manutenção muito frequente, em 1;
- Manutenção programada, em 2;
- Ausência de manutenção, em 3;

Verifica-se, pois, que adotando medidas de manutenção é possível fazer face à degradação e ao desgaste do edifício ao longo do tempo, sendo mais vantajoso a implementação de medidas de manutenção mais frequentes.

Também, outros autores propuseram outros modelos idênticos, como o da figura 67:

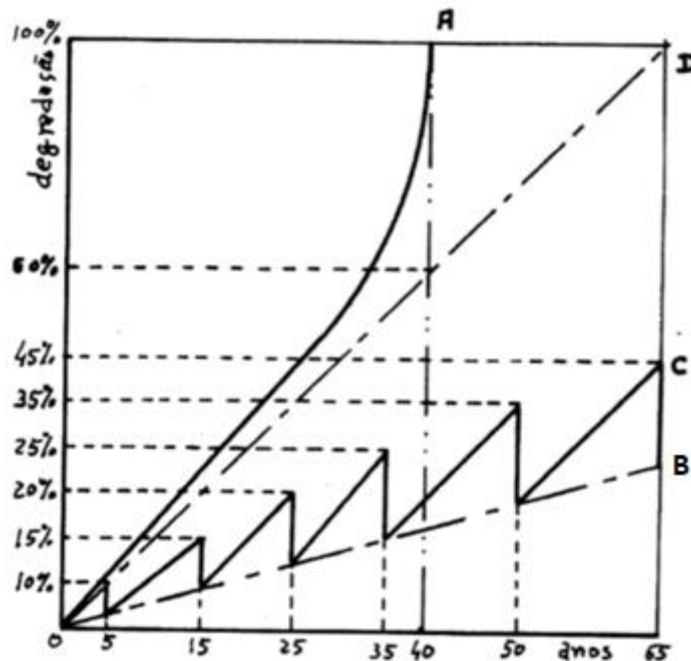


Figura 67 - Processo de degradação de um edifício com e sem intervenções de manutenção [71]

Da figura 67 destacam-se [71]:

- OD - representa a tendência de degradação na ausência de manutenção, no caso de assumir linearidade com o tempo
- OA - representa a tendência teórica de degradação na ausência de qualquer manutenção
- OB - representa a tendência sintetizada da degradação com intervenções periódicas de manutenção
- OC – representa a tendência efetiva de degradação com intervenções periódicas de manutenção

Verifica-se, assim, que na ausência de manutenção mínima, o edifício atinge valores percentuais na ordem de 60% de degradação, entre os 30 e os 35 anos, representando um fenómeno de ruína tecnológica que tende a crescer rapidamente no sentido de atingir a ruína total, o que pelo gráfico exposto aconteceria por volta dos 40 anos.

Conclui-se, pois, que num processo de manutenção há que considerar a tecnologia e as características dos materiais que serão aplicados, mas também se deve atender à questão cronológica das intervenções.

A figura 68 procura demonstrar esse tipo de pensamento.

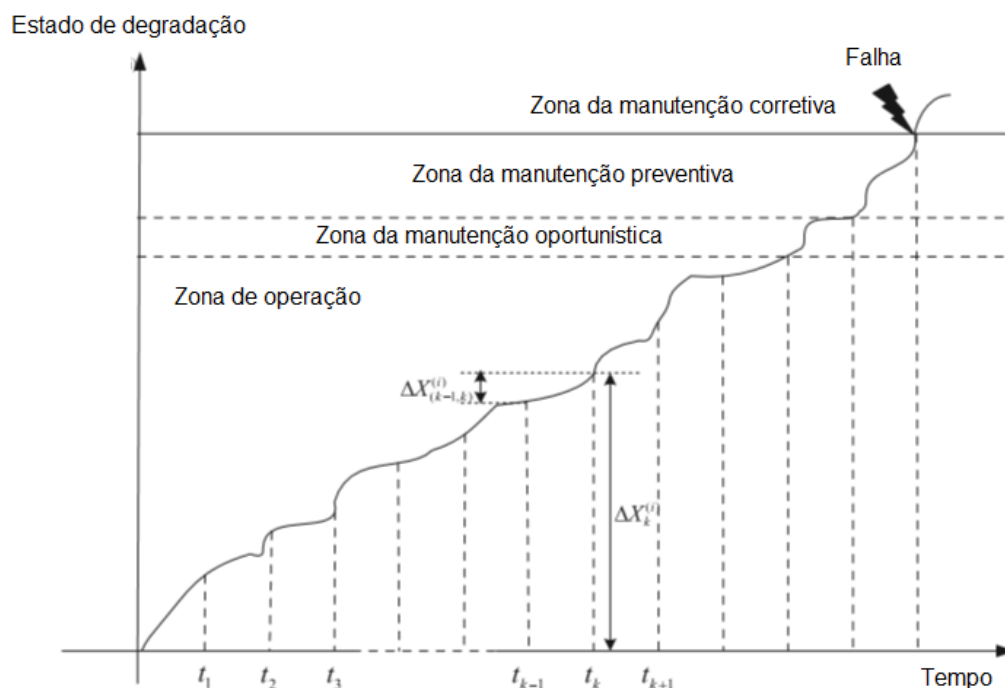


Figura 68 - Espaço para ações de manutenção de acordo com o estado de degradação (adaptado de [72])

Com a ilustração anterior pretende-se demonstrar que as ações de manutenções e a sua eficácia e necessidade dependem do período em que se realizam.

Em publicações como [73], evidencia-se precisamente os efeitos expectáveis da ação da manutenção realizada em diferentes períodos, como demonstra a figura 69:

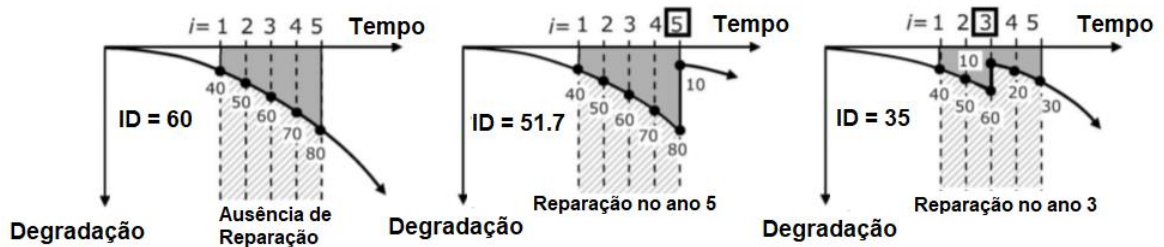


Figura 69 - Resultado esperado da ação de manutenção em função do período em que se realiza (adaptado de [73])

Demonstra-se assim que o índice de degradação (ID) apresenta um resultado menor caso a intervenção seja realizada no ano 3, concluindo-se que o período cronológico em que se realiza uma determinada intervenção têm um grande impacto naquilo que serão os níveis de desempenho de um edifício.

Para além disto, a intervenção em termos cronológicos não tem impacto apenas na eficácia tecnológica das intervenções, mas também no seu custo. Na figura 70 ilustra-se de que forma é que o custo de uma intervenção poderá ser diferente consoante o momento cronológico em que se atua.

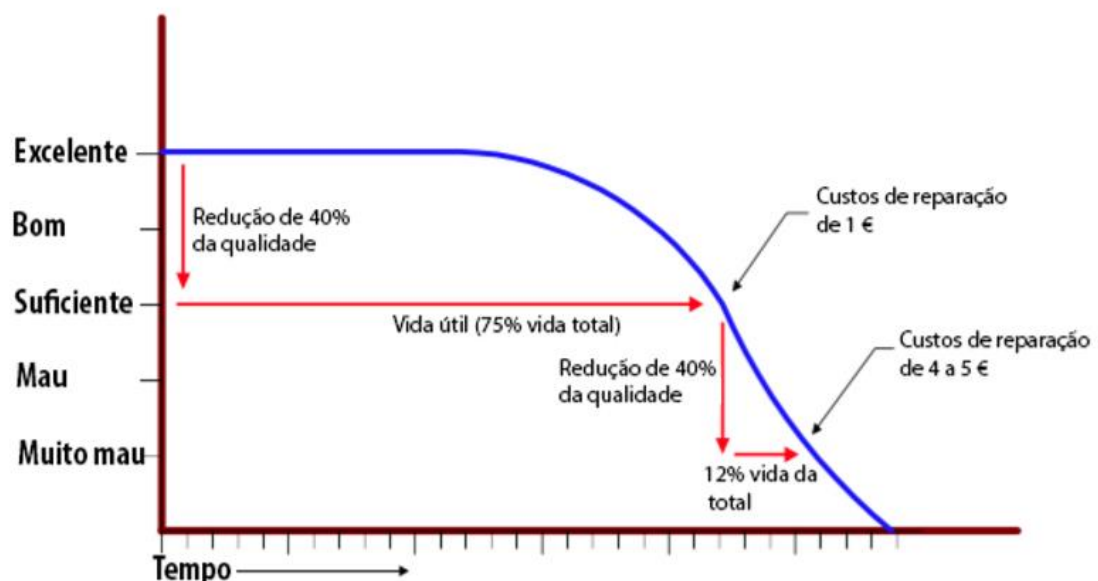


Figura 70 - Curva de degradação e a relação com custos de manutenção [74, 75]

Conclui-se assim que, neste caso, a intervenção de reparação encarece conforme se realiza mais tarde e num momento em que o edifício está cada vez mais degradado. Assim, é possível alertar para o facto de as intervenções com o objetivo de melhorar o desempenho do edifício devem ser realizadas em momentos oportunos, não só para repor um certo nível de qualidade o mais cedo possível, mas também por possivelmente estar comprovado que corresponderiam a um custo inferior.

Em suma, em relação à visão dos diferentes autores no âmbito da degradação precoce de edifícios, percebe-se que não existe um consenso em torno dos modelos de degradação/desempenho propostos na bibliografia consultada. De entre as diferentes sensibilidades destacam-se as seguintes:

- Consideração ou não de um nível mínimo de desempenho funcional. Entre os autores que o perspetivam nos modelos que propõem, distinguem-se aqueles que contemplam um patamar linear ao longo do tempo e os que consideram que o patamar evolui com o tempo, fruto da evolução da expectativa e das necessidades humanas;
- Possibilidade de determinar a vida útil dos elementos através de modelos probabilísticos e pela evolução típica da degradação;
- Para interpretar a degradação dos edifícios é necessário dividir a vida útil em três tipos: vida útil funcional, económica e física;
- A degradação precoce estará bastante associada a erros de projeto e de construção, estimando-se que para um período de vida de 50 anos, os custos com a manutenção e reparação possam ser o triplo do investimento inicial, comprovando-se, assim, que para fazer face à deterioração é necessário realizar investimentos constantes;
- A definição de “Elementos Fonte de Manutenção” (EFM) torna-se um elemento importante para o estudo da degradação precoce de edifícios, existindo variadíssimas propostas de listagens desses elementos;
- A degradação de edifícios pode ser representada através de modelos “nível qualidade-tempo”, não sendo, contudo, consensual qual o modelo que se adapta melhor à realidade. Existem modelos de degradação variáveis, ou lineares, ao longo do tempo, padrões de degradação nos quais a probabilidade de falha aumenta ou diminui com a idade, etc;
- Dos modelos de degradação variáveis, distinguem-se as diferentes interpretações em relação à degradação precoce. Alguns autores consideram que no início da utilização há uma forte tendência para o aparecimento de patologias da juventude que provocam uma degradação prematura e acentuada nos edifícios, apesar de não existir uma opinião unânime em relação a esse aspeto;
- De forma a combater o desgaste dos edifícios, defende-se que se devem levar a cabo medidas de preservação, conservação, reabilitação, renovação e, acima de tudo, manutenção, as quais, devendo ser aplicadas conforme o nível de degradação observado, terão efeitos diferentes na melhoria do desempenho;
- Das ações de manutenção, destacam-se as de reparação e substituição. Muitas publicações debruçam-se sobre a importância da eficácia destas ações e os seus efeitos na vida útil dos elementos. Exploram a forma como se deve atuar e o momento ideal para o fazer, explicando de que forma isso poderá influenciar a eficiência e o custo das intervenções;

## **2.9. POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO**

Um edifício deve acima de tudo ser uma entidade que garante as necessidades daqueles que o utilizam, através do cumprimento das exigências de qualidade e desempenho, assegurando o bem-estar dos utilizadores.

O envelhecimento de um edifício compromete a prestação desse tipo de satisfação e os próprios utilizadores, motivados por uma certa apatia e conformismo, parecem, muitas vezes, não ter vontade de mudar o paradigma. Aliás, nota-se que a predisposição das pessoas para resolver esse tipo de problemas normalmente só acontece em situações onde já não é mais possível suportar esse tipo de insuficiência



funcional, levando a que seja preciso realizar intervenções de reabilitação, ou seja, intervenções de fundo, mais complexas e com custos mais elevados.

Entende-se que a situação ideal seria adotar medidas de manutenção, de forma a garantir a qualidade funcional de um edifício ao longo do tempo, reduzindo assim a quantidade de intervenções necessárias e, porventura como se tem tentado provar, reduzir os custos associados à utilização do edifício [1].

Esses tipos de medidas podem ser aplicados em várias dimensões e fases do ciclo de um empreendimento, desde logo desde a concepção do projeto à fase de utilização, passando pelo objetivo de fazer uma previsão do comportamento do edifício em serviço.

Esse tipo de previsão, ou essa possibilidade, de criar um modelo para o comportamento de um edifício deve sobretudo passar por uma recolha e análise de dados sobre o comportamento dos edifícios, o estudo do tipo de políticas de intervenção e a avaliação das técnicas de atuação sobre patologias.

Do estudo das componentes referidas, surge a Manutenção de edifícios, definindo as ações de preservação para mitigar os efeitos do desgaste e degradação, devolvendo aos elementos de construção as características que lhes permitam desempenhar as funções para as quais foram projetados [1].

As políticas de manutenção podem ser classificadas, conforme a abordagem em [1, 27, 76], como se apresenta na figura 71:

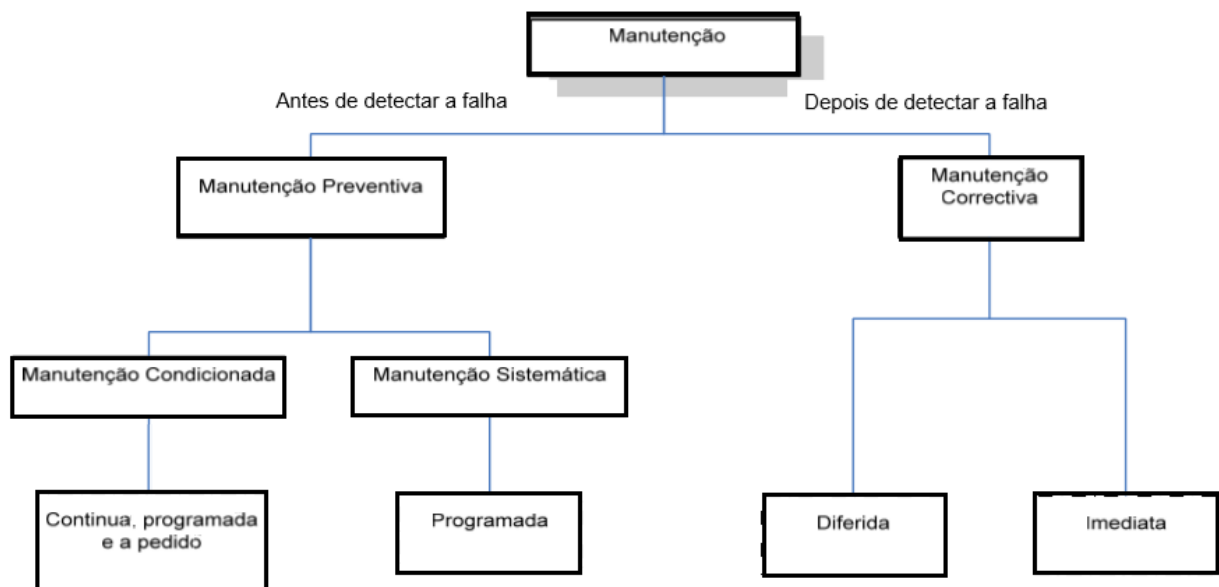


Figura 71 - Políticas de Manutenção [1, 27]

Segundo [27], das políticas de manutenção destacadas, poderá descrever-se a terminologia usada da seguinte forma:

- Manutenção preventiva: “*Manutenção efetuada a intervalos de tempo pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um bem*”;

- Manutenção sistemática: “*Manutenção preventiva efetuada a intervalos de tempo preestabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização, mas sem controlo prévio do estado do bem*”;
- Manutenção programada: “*Manutenção preventiva efetuada de acordo com um calendário pré-estabelecido ou de acordo com um número definido de unidades de utilização*”;
- Manutenção condicionada: “*Manutenção preventiva baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações daí decorrentes*”;
- Manutenção corretiva: “*Manutenção efetuada depois da deteção de uma avaria e destinada a repor um bem num estado em que pode realizar uma função requerida*”;
- Manutenção diferida: “*Manutenção corretiva que não é efetuada imediatamente depois da deteção de um estado de falha, mas que é retardada de acordo com regras de manutenção determinadas*”;
- Manutenção de urgência: “*Manutenção corretiva que é efetuada imediatamente após a deteção de um estado de falha, para evitar consequências inaceitáveis*”;

Conforme visto, as ações de manutenção agrupam-se em dois grupos principais, as ações corretivas e as preventivas.

Por um lado, as ações corretivas podem ser dispostas em [1]:

- Ações urgentes, quando as exigências funcionais vitais e essenciais foram afetadas
- Ações de pequena ou grande intervenção: Quando nenhuma função vital foi concretamente afetada, e as intervenções possam ser de maior ou menor volume fruto dos níveis patológicos

Por outro lado, das ações de prevenção distinguem-se em [1]:

- Ações Sistemáticas: Em situações programadas ou previsíveis, adotando medidas de antemão, prolongando a vida útil dos elementos ou substituindo-os de forma a evitar possíveis intervenções no futuro
- Ações Condicionadas: Através da análise do estado efetivo dos elementos de construção e o seu grau de degradação, procedendo conforme os resultados dessas análises.

Também, se pode dividir do ponto de vista técnico as ações de manutenção em 3 tipos [1]:

- Inspeção: Seguindo uma determinada metodologia de observação e registo do estado dos diferentes elementos de um edifício
- Reparação: De forma a prolongar a vida útil de um elemento, repondo o seu nível de qualidade e desempenho, sendo por norma o tipo de intervenção técnica mais utilizada
- Substituição: Como indica o próprio nome, procede-se à substituição do elemento ou dos seus componentes quando se verifica que irremediavelmente não cumpre, nem voltará a cumprir as exigências para o qual foi projetado

Dado que um edifício sofre um processo de degradação ao longo do tempo, processo natural e, diga-se, inevitável, pela própria evolução da idade dos elementos e materiais, é também compreensivo que é possível mitigar os efeitos dessa degradação através de políticas de manutenção, pelo que a resolução, ou a atenuação, dos problemas passa por uma questão de consciência e responsabilidade.

Ultrapassada essa problemática e reflexão de consciência e responsabilidade, as políticas de manutenção devem ser assentes na definição de 3 grandes aspetos [1]:

- Responsabilidade das intervenções
- Ações preventivas ou corretivas

- Periodicidade das intervenções

De facto, quanto à responsabilidade das intervenções, está definido no Código Civil [3] que a conservação dos edifícios de habitação constitui uma obrigação dos proprietários.

Em relação ao tipo de ações a implementar, preventivas ou corretivas, é necessário perceber quais as ações que mais se adequam a cada contexto e de que forma se podem associar as duas num mesmo processo.

## **2.10. MANUTENÇÃO PREVENTIVA**

Conforme já definido, a manutenção preventiva divide-se em duas formas de atuação, a sistemática e a condicionada [1]. De forma a poder implementá-las é necessário estudar e analisar o comportamento do edifício e dos seus elementos, para ser possível prever o seu comportamento e estipular as decisões de intervenção que melhor se adequam ao edifício e aos seus utilizadores.

### **2.10.1. MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA**

A implementação deste tipo de manutenção é feita através da observação periódica dos elementos, em fase de pré-patologia, e baseia-se principalmente em ações de [1]:

- Controlo
- Ajuste
- Substituição

### **2.10.2. MANUTENÇÃO CONDICIONADA**

A estipulação de medidas de manutenção condicionada tem lugar em face de sintomas de pré-patologia, observando-se o edifício e retirando as informações necessárias para definir o tipo de intervenção necessária. Passa, assim, sobretudo pela análise dos sintomas de pré-patologia através da observação de dois aspetos principais [1]:

- Alterações das características do elemento
- Número crescente de sintomas patológicos que denunciam o fim da vida útil

A avaliação das características de desempenho do elemento, como já abordado, pode ser feita através de uma avaliação qualitativa ou quantitativa por meio de ensaios, cálculos ou por julgamento de um perito ou por senso comum quando assim pode ser aplicável.

Contudo, por vezes, poderá tornar-se complicado esse tipo de avaliação, já que os métodos de pré-deteção de patologias poderão não estar consideravelmente desenvolvidos e a observação desses dados não ser de fácil interpretação objetiva. Assim, entende-se que a melhor forma é mesmo elaborar planos de inspeção, uma vez que a decisão de manutenção é tomada com base na análise das patologias identificadas, que não tendo atingido níveis demasiado graves, poderão ser imediatamente prevenidos futuros problemas [1].

Existem já disponíveis alguns documentos que podem servir de base à identificação de ações de manutenção e respetiva periodicidade. No quadro 11 é exemplificado uma síntese de periodicidade de inspeções para os principais elementos da fachada [52]:

Quadro 11 - Periodicidade das inspeções para elementos de fachada [52]

Tipos de inspeções	Periodicidade recomendada
Inspeções localizadas	3 a 5 anos
Inspeções globais	10 a 15 anos
Observação regular e contínua pelo utente	Regularmente
Inspeção visual aos elementos principais, com supervisão de técnico qualificado	Anual
Inspeção a todo o edifício, com supervisão de técnico qualificado	Quinquenal
Edifícios novos ou requalificados	Anualmente nos primeiros 5 anos
Elementos de edifício com risco de vandalismo	Anual
Elementos do edifício severamente expostos	De 3 em 3 anos
Elementos do edifício junto a áreas públicas	De 3 em 3 anos ou após se veras condições climáticas
Restantes elementos do edifício	Quinquenal ou após repintura
Quando é conhecida a existência de defeitos	Quando apropriado
Inspeção geral da alvenaria, betão e revestimento	Em fachadas com mais de 20 anos
Inspeção detalhada (análise em 25% dos elementos de alvenaria, betão, revestimentos) com a realização de 3 sondagens por cada fachada, a realização de pelo menos 3 ensaios de aderência pull-off por cada fachada	
Inspeções do soco, zona corrente, vidros e proteções, varandas, cornijas, molduras para verificação de anomalias (humidade capilar, eflorescências, organismos vivos, fissuras, desprendimentos, entre outros)	Bienal
Inspeções dos vidros, vedantes de juntas, proteções e varandas, molduras para verificação (oxidação, corrosão, sujidade, desempenho dos sistemas)	2/5 anos
Inspeções do soco, zona corrente, varandas, cornijas, molduras para verificação (sujidade, envelhecimento dos elementos)	10, 15 ou 20 anos
Inspeção regular, verificação das singularidades ou falhas de construção	Anual/ Bienal

Inspeção regular para: elaboração e preparação de proposta de projeto de reabilitação; implementação do plano de inspeção de elementos; planeamento de renovação, controlo das condições de utilização, estimativa de custos para manutenção	Em cada 3 a 10 anos
Inspeção de portas, janelas e juntas (madeira, aço, alumínio)	Semestral
Inspeção de portas, janelas e juntas (ferragens e vedantes)	Anual
Inspeção de revestimentos de pedra	Quinquenalmente

## 2.11. MANUTENÇÃO CORRETIVA

Este tipo de manutenção integra todo os tipos de intervenções em que se constata a ocorrência de patologias. Como já referenciado, dividem-se em três formas: pequena ou grande intervenção e em ocasiões urgentes [1].

### 2.11.1. INTERVENÇÕES URGENTES

Normalmente associadas a intervenções técnicas de carácter mais complexo, devido à situação de emergência, com consequências sociais graves e economicamente mais caras.

Dessa forma, a resolução dos problemas passa pela composição de informação útil para dar resposta de forma mais rápida e eficaz, assentando em técnicas de prevenção como [1]:

- Gestão de informação
- Rotinas de diagnóstico rápido
- Fichas técnicas de intervenção

Dado a necessidade urgente, a existência de informação que facilite e guie a resolução dos problemas é essencial. Nesse sentido, destacam-se a indispensabilidade da obtenção de diagnósticos que permitam resolver as situações graves de forma concreta, adequada, efetiva e o mais rápido possível. Associado a isto, é então necessário que existam fichas técnicas de intervenção que definam as diretrizes para o problema em específico, sendo essas fichas compostas por informações como [1]:

- Ações prévias
- Materiais necessários
- Equipamento
- Técnica de execução
- Controlo de eficiência

### 2.11.2. PEQUENAS E GRANDES INTERVENÇÕES

Da manutenção corretiva fazem, também, parte as pequenas e grandes intervenções, que se distinguem essencialmente pelo volume da intervenção a nível da quantidade de trabalhos, da sua frequência e do grau de reposição da qualidade. Obviamente que essa diferença, implicará custos diferentes e a maiores ou menores orçamentos para dar conta da situação.

A figura 72 apresenta o impacto destes dois tipos de intervenção no nível de qualidade e desempenho do edifício [1]:

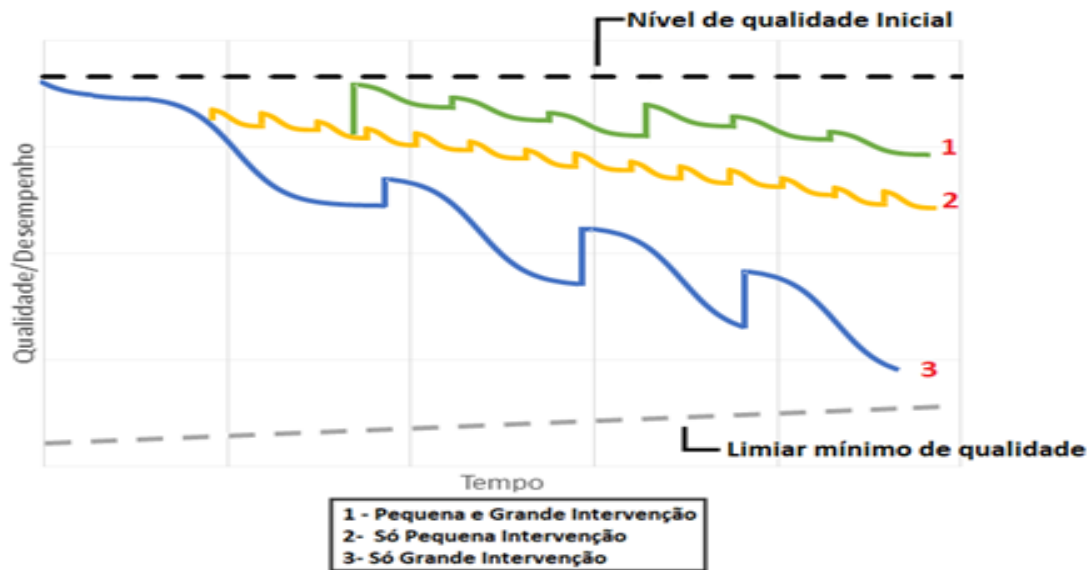


Figura 72 - Influência da pequena e da grande intervenção no nível de qualidade do edifício (adaptado de [1])

Este tipo de intervenções apresentam uma maior facilidade e flexibilidade na sua prática, em relação às situações urgentes, uma vez que dependendo de cada situação particular poderá ser possível definir se é necessário atuar de forma imediata ou se é possível aguardar até que apareçam situações semelhantes ou até se justificar uma ação de grande intervenção.

Em [46], faz-se também uma abordagem à relação entre o estado de degradação e o tipo de políticas de manutenção. Essa abordagem está ilustrada na figura 73:

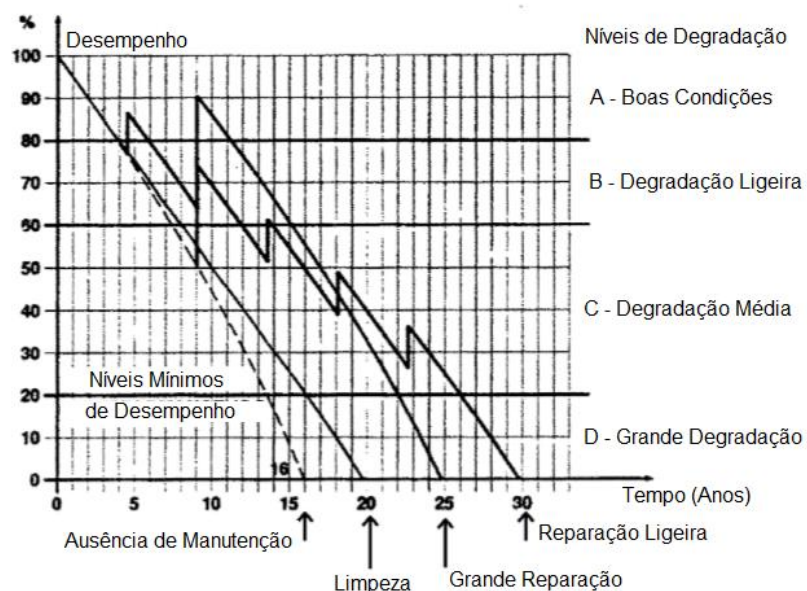


Figura 73 - Relações entre o estado de degradação e as ações de manutenção (adaptado de [46])

Conclui-se que a reparação ligeira acaba por ser a mais indicada, pois é a que se torna mais frequente impedindo, assim, que o edifício atinja níveis de desempenho muito baixos. Através de uma maior frequência de intervenções mais pequenas, nota-se que é possível aumentar a vida útil em comparação com as grandes reparações, que se realizam muito menos vezes, elevam muito o grau de desempenho do edifício, mas acabam por não ser tão eficazes a longo prazo.

### 2.11.3. REPARAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO

A figura 74 ilustra de forma simples o conceito de reparação e substituição.

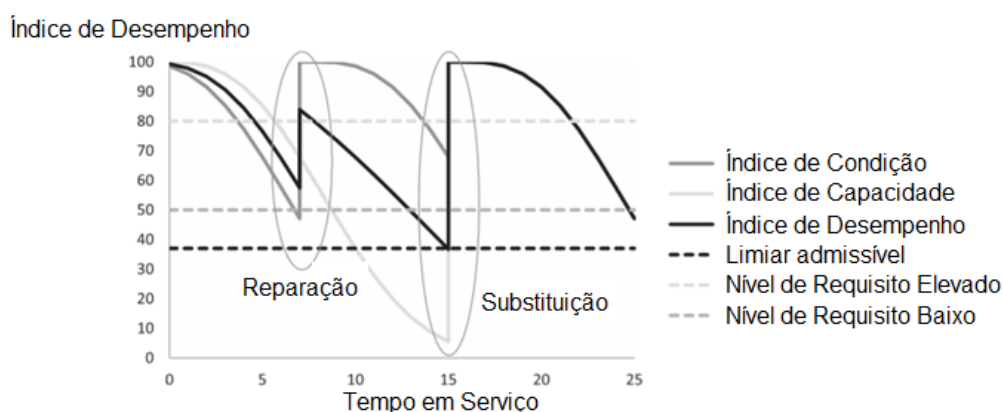


Figura 74 - Previsão de Desempenho em função da reparação e substituição de elementos de construção (adaptado de [77])

Denota-se que quando se realiza a reparação do elemento, o nível de qualidade poderá aumentar até um determinado nível pretendido, enquanto que no caso da substituição do elemento, à partida, o nível de qualidade máximo é atingido.

Para além de todas as matérias abordadas, destaca-se a importância que tem vindo a ser dada à elaboração de fichas de reparação, nomeadamente por iniciativas como:

- Fichas de reparação de anomalias (1985), LNEC [78]
- PATORREB (2004), que em parceria com o Laboratório de Física das Construções – LFC da FEUP, formulam catálogos de patologias. [79]
- Defect action sheets (1982) [80]
- Cases of failure information sheet (1993) [81]
- Fiches pathologie du bâtiment (1995) [82]
- Construductor (2003) [83]
- "Aprender com os erros" (2004) [84]
- Web-based prototype system (2009) [85]
- Maintainability website (2010) [86]
- Building medical record (2013) [87]

Esses tipos de fichas, de importância elevada no desenvolvimento e aperfeiçoamento das soluções de atuação, são normalmente constituídos pelas seguintes informações:

- Identificação: Item, Ficha, Data, local
- Patologia: Sintomas, Exame

- Diagnóstico: Diagnose, Programa
- Reparação: Técnica, Materiais, Mão de Obra
- Controlo: Sintomas a observar, Data

## 2.12. PATOLOGIA

Entendendo a visão sistémica de um edifício e compreendendo que o conjunto de subsistemas dependentes entre si exercem as funções necessárias ao correto funcionamento do edifício e garantem a correspondência com as exigências funcionais e de desempenho, quando a resposta a essas necessidades e exigências não corresponde ao pretendido estamos perante um certo nível de degradação.

Dessa forma, quando o edifício não corresponde às suas necessidades e expetativas é comum dizer-se que o edifício apresenta patologias.

A noção de Patologia associa-se assim a manifestações anómalas que estão associadas a um conjunto de causas de origem lógica e patológica [1].

A distinção entre estas duas origens poderá simplificar-se através de uma exemplificação hipotética. Se considerarmos uma situação em que aparecem manchas escuras na face interior de uma parede envolvente de um edifício motivada pela falta de uma camada hidrófuga no revestimento exterior, temos como causa patológica a ausência da camada hidrófuga e como causa lógica a existência de água no exterior do pavimento, fenómenos de capilaridade que a conduziram ao interior e condições de temperatura, iluminação e ventilação propiciam o aparecimento de fungos [1].

Assim, aceita-se que as causas lógicas se associam à própria lógica e funcionamento da natureza e as causas patológicas dizem respeito a erros, possivelmente de projeto ou de execução e a situações imprevisíveis e casuais.

Em geral, admite-se que uma patologia não é originária de uma causa só, mas é sim o resultado da conjugação de vários tipos de reações causa-efeito, em que as manifestações de determinadas causas têm origem de outros efeitos diferentes. Para além disso, é possível encarar uma manifestação patológica como resultado de várias causas, em que possivelmente uma das causas assume uma importância maior. A figura 75 ilustra estas ideias [1]:

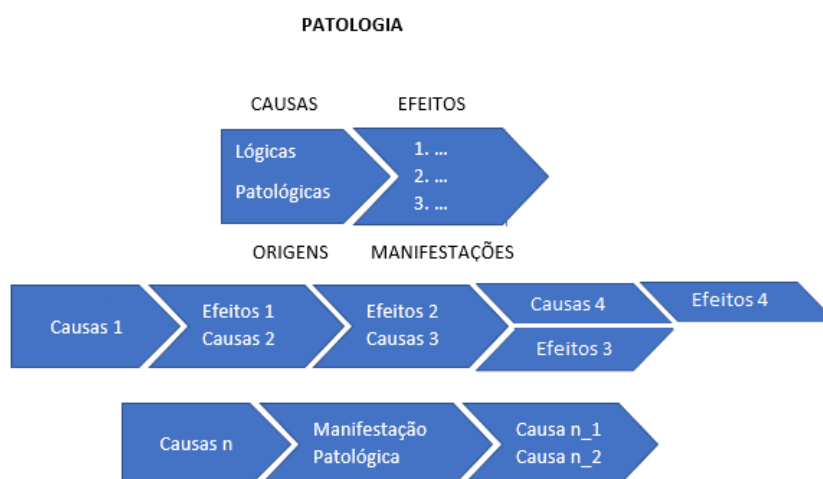


Figura 75 - Relações Causa-Efeito e o encadeamento das suas ações nas manifestações patológicas (adaptado de [1])



Depreende-se assim que uma anomalia poderá ser originada por um conjunto de fenómenos que no seu todo representam um certo processo patológico [1].

É comum, considerar-se que a origem de grande parte das anomalias se deve a erros ao nível do projeto ou construção, ou à ausência de manutenção.

Em relação aos erros ao nível do projeto destaca-se [88]:

- Falta de sistematização do conhecimento
- Ausência de informação técnica
- Inexistência de sistema efetivo de garantias e seguros
- Não exigência de qualificação profissional
- Novas preocupações arquitetónicas
- Aplicação de novos materiais
- Inexistência na equipa de projeto de especialistas em física das construções e de compatibilização de projetos
- Ausência de sistema de incentivos à qualidade

Quanto a erros de construção, ocorrem devido à [88]:

- Estrutura das empresas de construção
- Deficiente interligação com os diferentes subempreiteiros
- Não qualificação da mão-de-obra – formação profissional
- Velocidade exigida ao processo de construção
- Responsabilização – demora da justiça em caso de conflito
- Não exigência de qualificação profissional
- Desconhecimento das propriedades dos materiais e componentes aplicados

Quanto a erros inerentes ao comportamento dos materiais, destaca-se:

- Não realização de um estudo do comportamento dos materiais antes da comercialização
- Homologação/certificação insuficiente
- Não investimento no desenvolvimento tecnológico

Na fase de utilização, realça-se:

- Alterações desadequadas ao tipo de utilização
- Ausência ou ineficácia da manutenção
- Degradação dos materiais

Em 1993, um relatório publicado no âmbito do CIB [19], que analisou países como a Finlândia, a Alemanha, a França, a Grã-Bretanha, a Holanda, a Noruega e os Estados Unidos da América, concluiu que em média, a origem das anomalias se distribuía percentualmente como se mostra na figura 76:

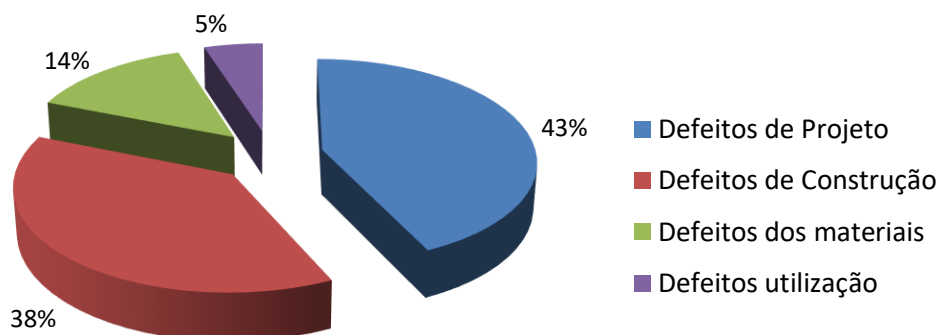


Figura 76 - Origem das anomalias, segundo relatório do CIB de 1993

Note-se que não aparecem contabilizados os defeitos de manutenção, talvez por na altura ainda não haver sensibilização em relação ao termo, podendo considerar-se, porventura, que os defeitos de utilização incorporam também os defeitos de manutenção. Segundo este relatório, as anomalias em edifícios ocorriam sobretudo devido a erros de projeto e de construção.

Contudo, qualquer análise estatística será exclusivamente influenciada pelo universo de amostras, havendo outras estudos realizados que demonstram outro tipo de realidade.

De entre esses estudos, destaca-se, por exemplo, os publicados em França pela “Agence Qualité Construction”, (AQC). A AQC é um organismo responsável pela avaliação e implementação da qualidade na construção. Através da criação de um mecanismo de recolha e análise de sinistros declarados às companhias seguradoras (sistema “SYCODÉS”) no âmbito da garantia decenal e dos seguros inerentes (seguros de reparação de danos e de responsabilidade decenal obrigatórios em França desde 1978), tem a possibilidade de avaliar os fenómenos patológicos na construção.

Em alguns relatórios elaborados no âmbito do sistema “SYCODÉS” e analisados por Vasco Freitas e outros autores [88, 89], como o que se apresenta na figura 77, foi possível concluir o seguinte:

### Distribuição dos sinistros declarados

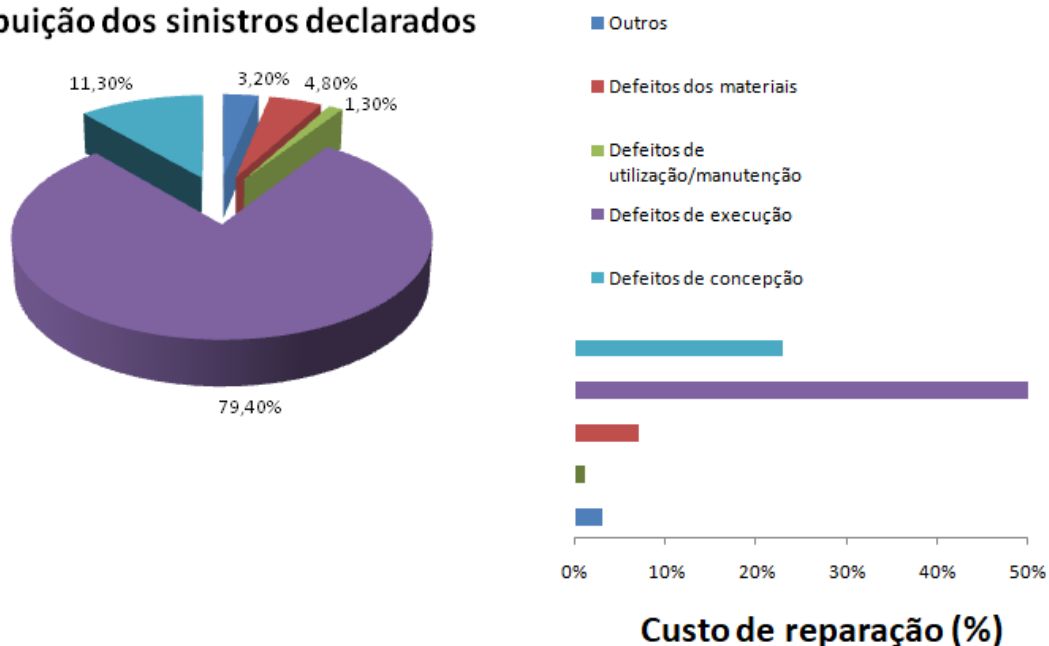


Figura 77 - Distribuição dos sinistros analisados e do custo dos trabalhos de reparação de danos em função das principais causas das patologias (adaptado de [88])

Segundo estes relatórios, os defeitos em edifícios ocorriam maioritariamente devido a erros de construção, considerando que os erros de concepção são de cerca de 12%, diferindo assim bastante dos dados recolhidos no relatório publicado no âmbito do CIB.

Para além disto, reuniram-se também outros dados em relatórios da AQC, tais como os que se apresentam nas figuras 78 e 79:

### Distribuição dos sinistros declarados

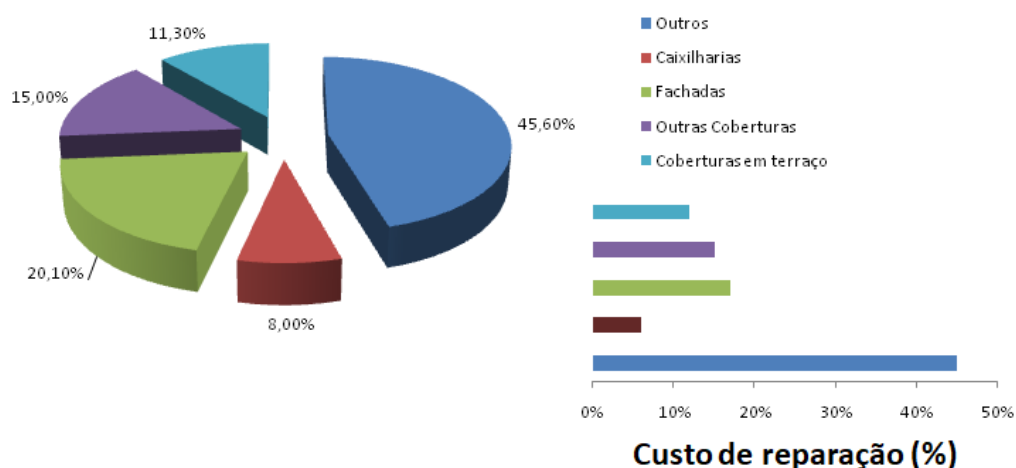


Figura 78 - Distribuição dos sinistros analisados e do custo dos trabalhos de reparação de danos em função das principais patologias (adaptado de [88])

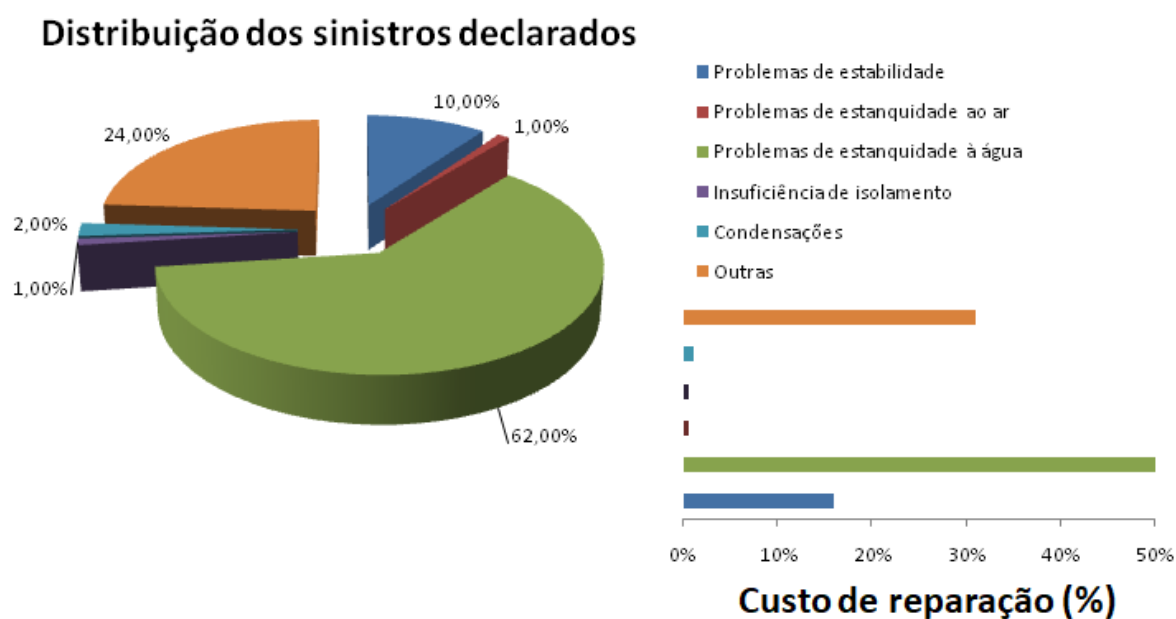


Figura 79 - Distribuição dos sinistros analisados e do custo dos trabalhos de reparação de danos em função das principais causas das patologias (adaptado de [88])

Dos dados aqui ilustrados, conclui-se que os aparecimentos de anomalias em edifícios se devem em larga escala a problemas de estanquidade à água e que por norma aparecem em revestimentos e acabamentos de pavimentos, paredes e tetos.

Do relatório “SYCODÉS Pathologie 2016”, em que se analisaram a ocorrência de defeitos entre o período de 1995 e 2015 [90], destacam-se as principais patologias mais frequentes, de acordo com a figura 80:

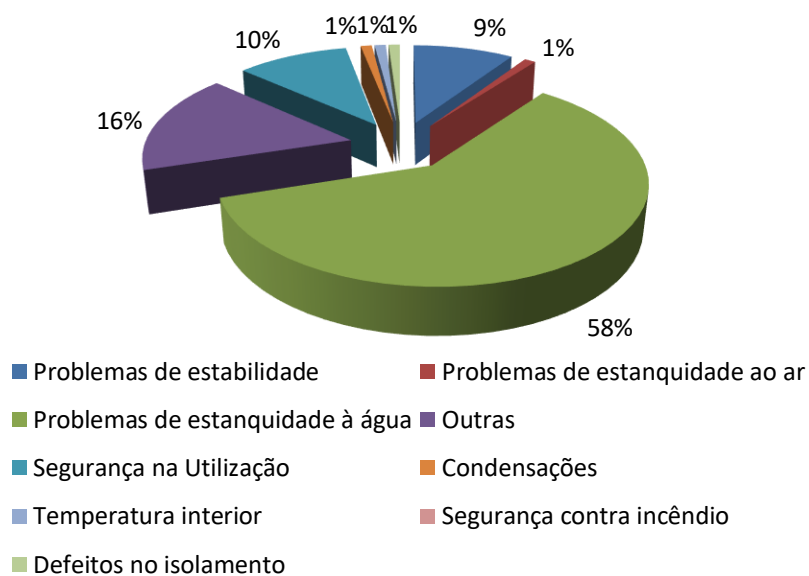


Figura 80 - Patologias mais frequentes segundo o relatório “SYCODÉS Pathologie 2016” ([adaptado de [90]])

Verificou-se que a maioria dos problemas são causados por problemas de estanquidade à água, seguido de outras patologias, normalmente associadas a defeitos estéticos.

Também em [88, 91], fez-se uma abordagem sobre as principais causas do aparecimento de anomalias, estando representado na figura 81 os resultados:

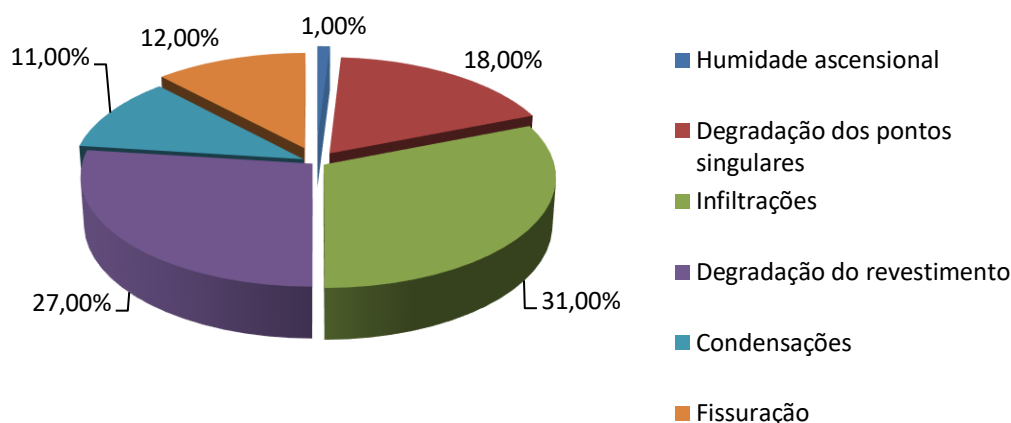


Figura 81 - Principais causas para o aparecimento de anomalias (adaptado de [91])

Tal como representado no gráfico da figura 81, os principais problemas em edifícios devem-se sobretudo a infiltrações e à degradação de revestimentos.

Também, segundo a publicação [92], parece confirmar-se que grande parte das anomalias ocorrem em revestimentos e acabamentos, provocadas por fissuração, oxidação e humidade. Aliás, a humidade é tida como uma das principais causas de anomalias, destacando-se [92]:

- Humidade de construção
- Humidade de precipitação
- Humidade de condensação
- Humidade de infiltração
- Humidade de higroscopicidade

Também, segundo a publicação [93], as principais patologias têm origem em [18]:

- Humidades intensas provocadas por infiltrações nas coberturas;
- Humidades nos pavimentos interiores, junto às portas de varandas;
- Humidades em pisos enterrados;
- Humidades em parede provocadas por roturas nas redes;
- Humidades em tetos de instalações sanitárias;
- Condensações associadas às ventilações;
- Fissuração de paredes;
- Entupimento de esgotos

A realidade é que o recurso cada vez maior a subempreiteiros e a mão de obra menos qualificada, aliado a orçamentos com margens de lucro e prazos muito reduzidos, faz com que os erros devidos à má execução tenham mais probabilidade de ocorrerem.

Segundo a publicação [89], *“a inexistência de um sistema efectivo de seguros em Portugal não permite realizar uma recolha de dados e efectuar uma análise estatística do problema da patologia da construção. Os dados existentes resultam de trabalhos pontuais de investigação, não permitindo uma abordagem global, mas estima-se que o custo da não qualidade que tem que ser suportado pelas empresas de construção durante o período de garantia (5 anos após a construção) é superior a 2% do custo total da obra. Por isso, torna-se absolutamente necessário fazer um estudo sistemático e fundamentado das principais patologias.”*

É justamente esse tipo de valores que se tem como objetivo abordar nesta dissertação.

## 3

## BANCO DE DADOS

## 3.1. IDENTIFICAÇÃO DOS EDIFÍCIOS EM ESTUDO

Pretende-se neste capítulo apresentar e caracterizar os edifícios em estudo, através da informação obtida de um banco de dados fornecido por uma empresa de construção.

O principal objetivo deste capítulo passa por identificar as principais características construtivas e funcionais dos edifícios, informação essencial para o desenvolvimento do trabalho de análise de dados. Assim, irá ser feita uma abordagem urbana e caracterizadora dos edifícios, de forma genérica, agrupando-os mediante as características arquitetónicas, as soluções construtivas, a idade dos edifícios e a sua localização. Da abordagem aos aspetos tecnológicos, destacam-se a enumeração e descrição dos elementos construtivos.

Da informação existente na empresa consultada, procurou-se identificar obras e edifícios em que tenham ocorrido anomalias, nos primeiros anos durante o período de garantia, e que custos acrescidos representaram.

Depois de percorrida a base de dados com informação relativa a obras executadas, identificaram-se 16 obras, que decorreram entre 1990 e 2018, promovidas exclusivamente por agentes privados.

De forma genérica, apresenta-se no quadro 12 o tipo de obra, o local e o ano em que se realizaram.

Quadro 12 - Obras que constituem o banco de dados em estudo

Código da Obra	Tipo de Obra	Localização	Ano de Construção	Área de Construção
1	Construção de Moradia Unifamiliar	Porto	2007	260 m <sup>2</sup>
2	Construção de Moradia Unifamiliar	Amarante	2000	650 m <sup>2</sup>
3	Construção de Moradia Unifamiliar	Santo Tirso	1990	324 m <sup>2</sup>
4	Construção de Moradia Unifamiliar	Porto	2003	300 m <sup>2</sup>
5	Construção de Moradia Unifamiliar	Matosinhos	2003	270 m <sup>2</sup>
6	Construção de Moradia Unifamiliar	Lamego	2002	300 m <sup>2</sup>

7	Ampliação de Moradia Unifamiliar	Porto	2006	115 m <sup>2</sup>
8	Ampliação de Moradia Unifamiliar	Vila Nova de Gaia	2011	300 m <sup>2</sup>
9	Construção de Edifício de Fermentação	Vila Real	2007	400 m <sup>2</sup>
10	Construção de Edifício de Uso Misto	Paredes	2000	2750 m <sup>2</sup>
11	Construção e Reabilitação de Edifícios Unifamiliares em Espaço Rural	São João da Pesqueira	2001	1000 m <sup>2</sup> (cerca de 200 m <sup>2</sup> por edifício)
12	Construção de Health Club	Vila Nova de Gaia	2009	390 m <sup>2</sup>
13	Reabilitação de Edifício de Habitação Unifamiliar	Porto	2003	600 m <sup>2</sup>
14	Construção de edifício industrial	Guimarães	2018	5000 m <sup>2</sup>
15	Reabilitação de edifício em espaço rural e construção de edifício subterrâneo afeto a Spa	Penafiel	2002	100 m <sup>2</sup>
16	Reabilitação de Edifício	Porto	2015	400 m <sup>2</sup>

Na figura 82 representa-se a localização geográfica dos edifícios em estudo:

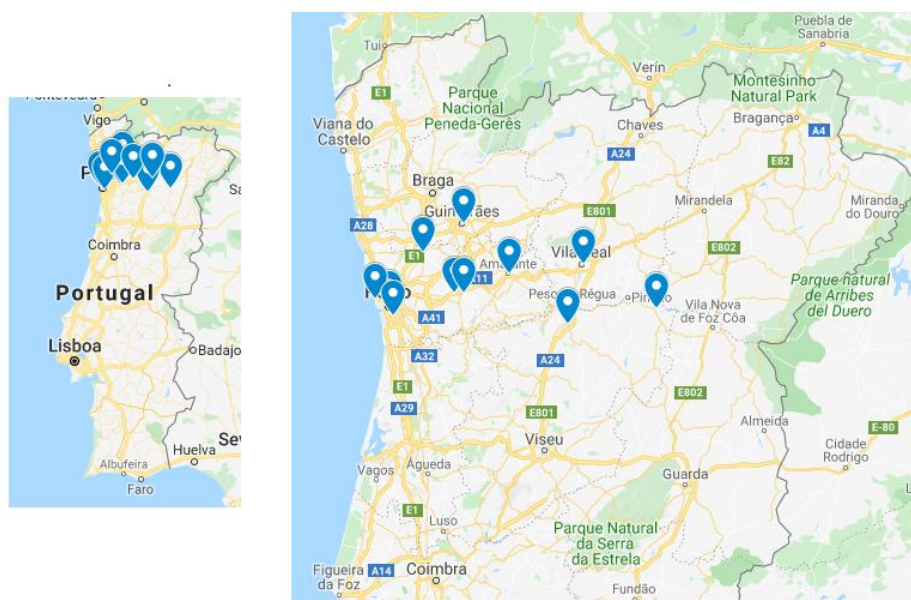


Figura 82 - Localização dos edifícios em estudo

Como é visível na figura, as obras localizam-se maioritariamente no Norte de Portugal.



Identificadas as obras, é possível, assim, destacar o seguinte e que consta dos gráficos das figuras 83 e 84:

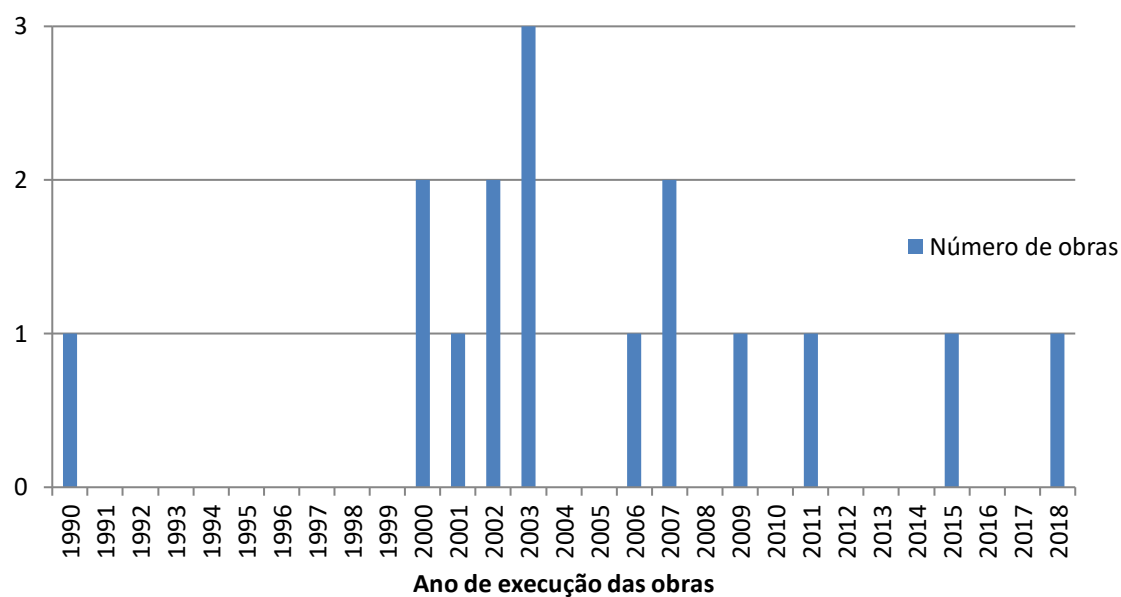


Figura 83 - Número de obras por ano, de acordo com o banco de dados

Destaca-se que metade das obras em estudo foram realizadas entre o período de 2000 e 2003 e que, à exceção de uma obra, todas se realizaram após 1999.

A figura 84 apresenta informação relativa à localização das obras.

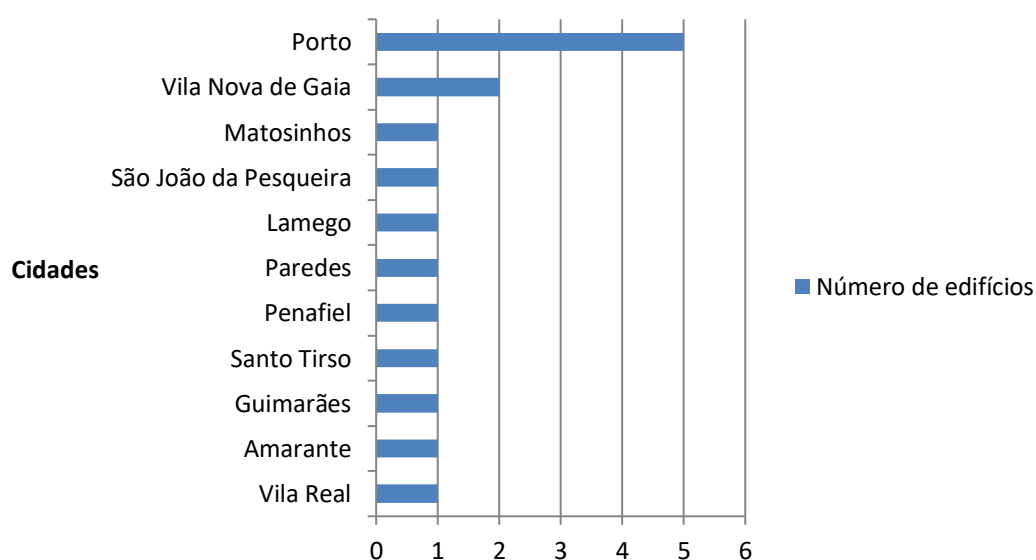


Figura 84 - Localização por cidade das obras em estudo

Constata-se que a maioria dos edifícios em estudo se localiza no distrito do Porto, nomeadamente nas cidades do Porto, Vila Nova de Gaia, Matosinhos, Paredes, Penafiel, Santo Tirso e Amarante. Destaca-se ainda no distrito de Viseu, as obras realizadas em Lamego e São João da Pesqueira, no Distrito de Braga, o edifício localizado na cidade de Guimarães e, por fim, um edifício em Vila Real.

No gráfico da figura 85 destacam-se os tipos de obra.

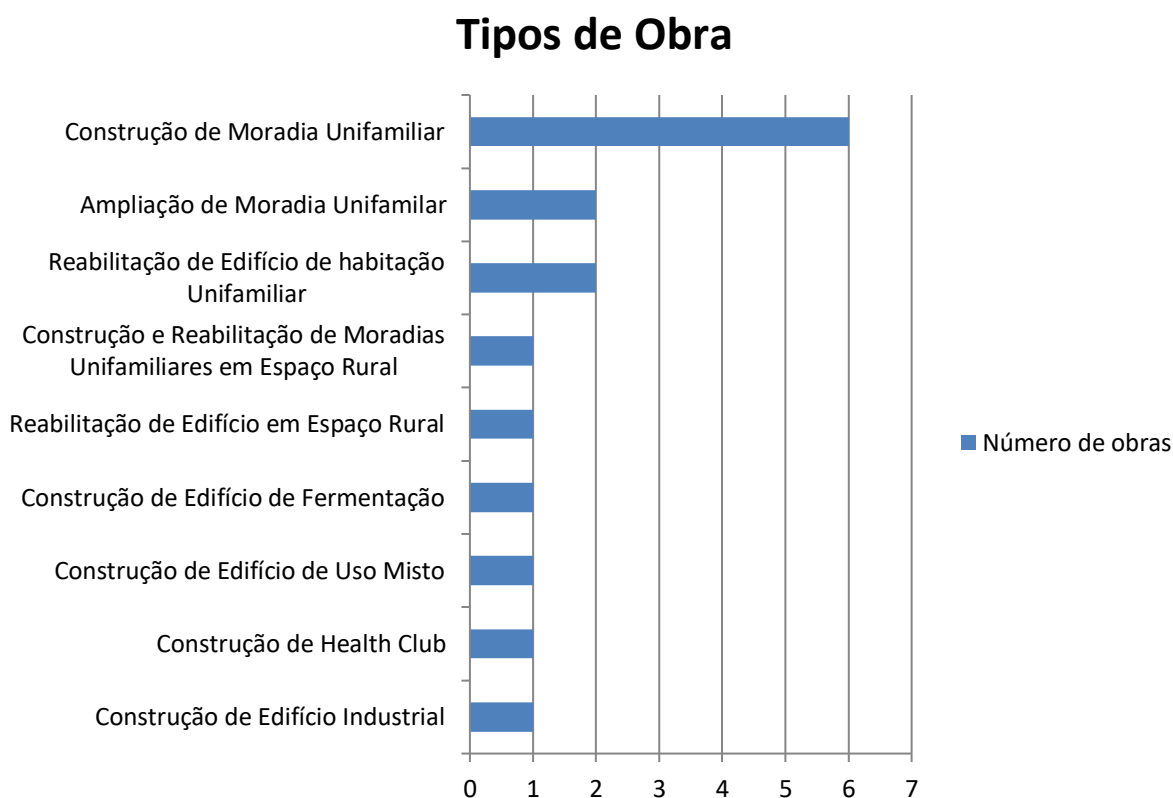


Figura 85 - Tipos de obras segundo o banco de dados em estudo

A construção de raiz de edifícios é o tipo de obra mais comum, existindo alguns casos de ampliação e reabilitação de edifícios. A construção de moradias unifamiliars é o tipo de obra que será mais abordado e, no universo do banco de dados, tendo em conta que apenas se considerou os edifícios onde ocorreram anomalias, a habitação é o tipo de utilização onde parecem ocorrer mais problemas, no âmbito da atividade da empresa de construção em causa.

Dos edifícios em estudo, é possível individualizar 5 tipos de edifícios:

- Edifícios de habitação;
- Edifícios industriais;
- Edifícios de uso misto;
- Edifícios de fermentação;
- Edifícios em espaço rural com características muito próprias;

A caracterização das soluções tecnológicas aplicadas em cada um destes tipos de edifício revela-se da maior importância para o desenvolvimento do trabalho de análise de dados sobre o aparecimento de anomalias relacionado com a manutenção de edifícios.

Dessa forma, procedeu-se a um levantamento dos 16 edifícios segundo a seguinte metodologia:

A) Caracterização dos elementos primários:

- Fundação
- Estrutura
- Paredes exteriores
- Paredes interiores
- Pavimentos
- Estrutura de cobertura

B) Caracterização dos elementos secundários:

- Janelas
- Portas exteriores
- Portas interiores

C) Caracterização dos revestimentos e acabamentos

- Tetos
- Paredes interiores
- Coberturas
- Pavimentos

D) Caracterização das instalações

- Rede de abastecimento de água
- Rede de esgotos
- Rede de águas pluviais
- Rede elétrica
- Outros

O levantamento enunciado tem como principal objetivo facilitar a caracterização das patologias identificadas nos arquivos da empresa de construção consultada. Esse trabalho de caracterização revelou-se, por vezes, uma tarefa mais complicada e lenta devido à ausência de informação, ou à dificuldade em encontrar informação organizada.

Apesar disso, verificou-se que os edifícios apresentavam características semelhantes, não diferindo muito naquilo que é o essencial.

Como já referido, é possível distinguir 5 tipos de edifícios devido às características e tipo de utilização particulares de cada caso.

## **3.2. CARACTERIZAÇÃO CONSTRUTIVA E FUNCIONAL DOS EDIFÍCIOS**

### **3.2.1. EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO**

Moradias com número de pisos variável conforme cada caso, com sala, cozinha, quartos de banho e quartos em número diferenciado com, porventura, sala de jantar, arrumos, piscina interior ou exterior e zona de spa, salão de jogos, etc.

#### A) Elementos primários

- Fundação maciça de betão a profundidade variável, ou fundação em sapatas de betão armado e vigas lintéis a profundidade variável;
- Estrutura em betão armado com pilares e vigas e lajes pré-esforçadas em pisos e tetos;
- Paredes exteriores duplas de tijolo maciço e furado sem função estrutural, com isolamento, rebocadas e pintadas, e num ou outro caso, paredes em alvenaria de granito;
- Paredes interiores simples de tijolo furado de 11 ou 7 cm rebocadas e pintadas ou, num ou outro caso, alvenaria de granito;
- Coberturas em estrutura de betão armado ou estrutura metálica;

#### B) Elementos Secundários

- Caixilharia em madeira maciça, ou em perfil de alumínio, com vidro térmico ou vidro duplo;
- Portas exteriores em madeira maciça;
- Portas interiores envernizadas/lacadas e rodapé em madeira;

#### C) Revestimentos e acabamentos

- Pavimentos, maioritariamente, em soalho envernizado, nas salas e quartos. Pavimento em casas de banho e cozinhas em tijoleira ou mármore;
- Paredes exteriores rebocadas e pintadas;
- Paredes interiores rebocadas com acabamento areado, ou estanhado, e pintadas. Nas cozinhas e casas de banho predominantemente em azulejo ou mármore;
- Tetos de reboco areado ou com barramento de estuque ou em gesso cartonado pintados;
- Cobertura em telha marselha ou lusa, com ou sem acesso, com telas em pvc, placas de poliestireno extrudido e placas cerâmicas ou recobertas com godo;

#### D) Caracterização das instalações

- Aquecimento interior através de radiadores com caldeira;
- Aquecimento de água com painéis solares ou caldeira a gasóleo;
- Ventilação natural ou mecânica;

De seguida, nas figuras 86 a 95, apresentam-se os edifícios incluídos na categoria “edifícios de habitação”:



Figura 86 - Habitação Unifamiliar, obra nº 1



Figura 87 - Habitação Unifamiliar, obra nº 2



Figura 88 - Habitação Unifamiliar, obra nº 3





Figura 89 - Habitação Unifamiliar, obra nº4

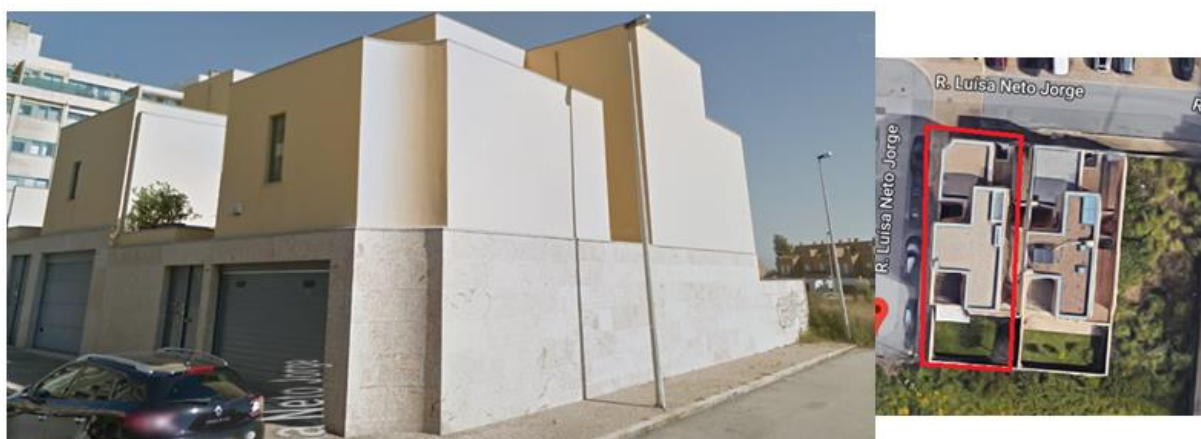


Figura 90 - Habitação Unifamiliar, obra nº 5



Figura 91 - Habitação Unifamiliar, obra nº 6



Figura 92 - Habitação Unifamiliar, obra nº 16





Figura 93 - Habitação Unifamiliar, obra nº 7



Figura 94 - Habitação Unifamiliar, obra nº 8



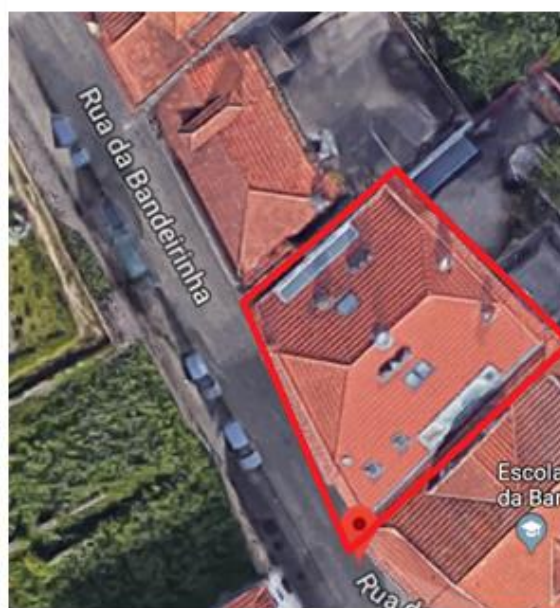


Figura 95 - Habitação Unifamiliar, obra nº 13

Existe ainda outro caso particular, que partilha muitas das características enunciadas anteriormente, que contém ainda um ginásio e zona de spa. Em termos de caracterização construtiva, o pavimento do ginásio foi realizado em epóxi e na zona de balneários, sauna e banho turco em deck de madeira. Os tetos foram areados e pintados e as paredes do banho turco executadas em azulejo.



Figura 96 - Edifícios em Espaço Rural, obra nº 15

### 3.2.2. EDIFÍCIO INDUSTRIAL

Constituído por cave, zona de administração e balneários.

#### A) Elementos primários

- Fundação maciça de betão a profundidade variável;
- Estrutura em betão armado com pilares e vigas e laje alveolar com vão de 9,5 metros e lajes mistas de aço e betão;
- Paredes exteriores em betão armado;
- Paredes interiores em betão armado ou duplas em gesso cartonado;
- Coberturas em estrutura metálica;

#### B) Elementos Secundários

- Caixilharia em perfil de alumínio com vidro duplo;
- Portas exteriores em ferro;
- Portas interiores lacadas e rodapé em madeira

#### C) Revestimentos e acabamentos

- Pavimentos em betão armado na cave, soalho envernizado ou mármore na zona de administração. Pavimento de casas de banho em mármore;
- Paredes exteriores revestidas com painéis sanduíche lacados;
- Paredes interiores rebocadas com acabamento estanhado e pintadas ou com painéis de madeira lacada. Nas casas de banho predominantemente em mármore;

- Tetos de reboco areado ou com barramento de estuque ou em gesso cartonado pintados;
- Cobertura revestida a painéis sanduíche em chapa lacada;

D) Caracterização das instalações

- Rede de AVAC, ventilação e exaustão;
- Aquecimento de água com cilindros elétricos;

De seguida, apresenta-se, na figura 97, o edifício incluído na categoria “Edifício Industrial”:



Figura 97 - Edifício Industrial, obra nº 14

### 3.2.3. EDIFÍCIOS DE USO MISTO

Destacam-se o caso de um edifício em que o rés do chão e parte do primeiro piso se direccionam a fábricas automóveis e os restantes pisos do edifício a habitação. Noutro caso, destaca-se a construção de um “Health Club” com piscina, spa e salões para a prática de exercício físico, no rés do chão e cave de um edifício de uso misto.



A) Elementos primários

- Fundação maciça de betão a profundidade variável ou fundação em sapatas de betão armado e vigas lintéis a profundidade variável;
- Estrutura em betão armado com pilares e vigas e lajes pré-esforçadas em pisos e tetos;
- Paredes exteriores em alvenaria de tijolo duplo 15 + 11;
- Paredes interiores simples de tijolo furado de 11 ou 7 cm rebocadas e pintadas
- Coberturas em estrutura de betão armado com laje inclinada;

B) Elementos Secundários

- Caixilharia em madeira maciça ou em perfil de alumínio com vidro térmico ou vidro duplo;
- Portas exteriores em madeira maciça;
- Portas interiores lacadas/envernizadas e rodapé em madeira

C) Revestimentos e acabamentos

- Pavimentos, maioritariamente em soalho envernizado, nas habitações. Pavimento em casas de banho e cozinhas em tijoleira. Pavimento na zona industrial em betão armado.
- Paredes exteriores rebocadas e pintadas;
- Paredes interiores rebocadas com acabamento areado ou estanhado e pintadas. Nas cozinhas e casas de banho predominantemente em azulejo;
- Tetos de reboco areado ou com barramento de estuque ou em gesso cartonado pintados;
- Cobertura em telha lusa;

D) Caracterização das instalações

- Aquecimento interior através de radiadores com caldeira;
- Ventilação natural e mecânica;

De entre estas características, destaca-se também no caso da construção do “Health Club”, o seguinte:

- Pavimentos em madeira envernizada em determinados salões e pavimentos desportivos sintéticos;
- Piscina interior em betão armado. Pavimento e paredes revestidas a pastilha. Caleira finlandesa e teto falso em placas wed com barramento pintado com tinta anticondensação. Paredes falsas em placas wed com barramento; Zona de Sauna e Banho turco.

De seguida, são apresentados, nas figuras 98 e 99, os edifícios que fazem parte da categoria “Edifícios de Uso Misto”:



Figura 98 - Edifício de uso misto, obra nº 10



Figura 99 - Construção de Ginásio em edifício de uso misto, obra nº 12

### 3.2.4. EDIFÍCIOS DE FERMENTAÇÃO

#### A) Elementos primários

- Fundação em sapatas de betão armado e vigas lintéis a profundidade variável;
- Estrutura em betão armado com pilares e vigas e lajes maciças em pisos e tetos;
- Paredes exteriores da zona de fermentação em tijolo térmico de 30 cm.
- Cobertura em estrutura metálica;

#### B) Elementos Secundários

- Caixilharia exteriores em ferro pintado;
- Portas exteriores em ferro pintado;

#### C) Revestimentos e acabamentos

- Pavimentos interiores da zona de fermentação constituídos por uma camada de brita, assentamento bem compactado, uma camada de brita de 20 cm, malha sol e camada de betão de 20 cm de espessura. Pintados e com aplicação de primário e revestimento autoalisante e antiderrapante à base de resinas de epoxi e inertes, na espessura de 4 mm.
- Paredes exteriores rebocadas e pintadas;
- Cobertura constituída por painéis térmicos forrados pela face interior em madeira de pinho e face exterior em contraplacado marítimo, incluindo subtelha e telha marselha;

#### D) Caracterização das instalações

- Ventilação Natural;

Seguidamente, apresenta-se, na figura 100, o edifício incluído na categoria “Edifício de Fermentação”:



Figura 100 - Edifícios em Espaço Rural e edifício de fermentação, obra nº 9

### 3.2.5. EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO UNIFAMILIAR EM ESPAÇO RURAL

#### A) Elementos primários

- Fundação em sapatas de betão armado e vigas lintéis a profundidade variável;
- Estrutura em betão armado com pilares e vigas e lajes maciças em pisos e tetos;
- Paredes exteriores em betão ciclópico sendo a face exterior em xisto; a zona de fermentação em tijolo térmico de 30 cm. Paredes da zona de administração duplas de tijolo maciço e furado sem função estrutural, com isolamento, rebocadas e pintadas;
- Paredes interiores simples de tijolo furado de 11 ou 7 cm rebocadas e pintadas;
- Coberturas em estrutura de madeira;

#### B) Elementos Secundários

- Caixilharia exteriores em madeira;
- Portas exteriores em madeira maciça;
- Portas interiores folheadas e envernizadas e rodapé em madeira

#### C) Revestimentos e acabamentos

- Pavimentos interiores em tijoleira de barro e madeira de pinho envernizada. Pavimentos em casas de banho e cozinhas em azulejo branco;
- Paredes exteriores em xisto;
- Paredes interiores rebocadas com acabamento areado e pintadas. Nas cozinhas e casas de banho predominantemente em azulejo;
- Tetos de reboco areado, em madeira lacados e em gesso cartonado pintados;
- Cobertura revestida a telha marselha com isolamento;

#### D) Caracterização das instalações

- Ar Condicionado;
- Aquecimento de água com caldeira a gasóleo;
- Ventilação Natural e mecânica;

As imagens do edifício seguinte, figura 101, incluem-se na categoria “Edifícios de Habitação Unifamiliar em Espaço Rural”:



Figura 101 - Edifícios em Espaço Rural, obra nº 11





# 4

## RECOLHA E ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1. MÉTODO APLICADO

O elevado investimento necessário para construir um edifício e implementar políticas de manutenção ao longo da sua vida útil tornam extremamente necessário que se assegure a maior qualidade e desempenho possíveis dos edifícios, dos seus elementos e componentes. Porém, como já abordado no capítulo 2, constata-se que logo após a entrada em funcionamento, existe uma tendência para o aparecimento de anomalias em edifícios, provocando, por consequência, a sua degradação precoce.

A problemática em estudo aborda precisamente esse aspeto. Sabendo que os edifícios têm tendência para se degradarem de forma precoce, a resolução de tais problemas passa por responder a questões como:

- Quais são as anomalias que ocorrerem frequentemente?
- Quais são as principais manifestações patológicas e as causas para os defeitos aparecerem de forma tão prematura?
- Quanto tempo após a entrada em funcionamento são identificados os problemas?
- Quais os elementos fontes de manutenção afetados?
- As anomalias associam-se a erros de construção, projeto ou utilização?
- Que tipo de intervenções têm de ser realizadas para acabar, omitir ou mitigar os impactos de tais anomalias?
- Quais os custos, e sua grandeza, tendo em conta o valor orçamentado da obra?
- Qual o prazo dessas intervenções?

Como ponto de partida foi necessário entrar em contacto com uma empresa de construção e engenharia civil, de modo a ter acesso a um conjunto de dados de obras. Tendo acesso à base de dados da empresa em questão, analisaram-se as obras em que o empreiteiro foi chamado para prestar assistência, fruto do aparecimento de anomalias, após a entrada em funcionamento dos edifícios construídos e durante o prazo de garantia da obra, 5 anos.

Dessa forma, foi possível investigar, por obra, quais as anomalias identificadas, em que elementos ocorreram, as suas causas e custos inerentes às intervenções necessárias para resolver os problemas encontrados.

Identificados todos os dados pretendidos, foi possível com recurso à ferramenta “Excel” interpretá-los e organizá-los segundo aquilo que se pretendia estudar. Da informação organizada, constaram dados como:

- Referência da obra – Campo alfanumérico a preencher de forma a identificar a que obra pertencem as anomalias identificadas. Neste caso, optou-se por numerar as obras de 1 a 16, subdividindo-se depois as diferentes anomalias identificadas. Por exemplo, na obra identificada com o número 1, a segunda anomalia identificada deve ter a referência 1.2;
- Tipo de obra – Campo a preencher conforme se tratar de construção de raiz, reabilitação, conservação, remodelação, ampliação, etc;
- Tipo de utilização – Campo a preencher conforme se tratar de moradias unifamiliares, edifícios de habitação ou de uso misto, ginásio, spa, edifícios em espaço rural, etc;
- Morada – Campo a preencher com o local de implantação do edifício; Poderá ser colocado de forma automática com recurso a ferramentas do “Google Maps”;
- Orçamento – Campo numérico a preencher consoante o valor orçamentado da obra;
- Descrição sumária da obra – Campo a preencher com as principais características da obra em causa;
- Área de construção – Campo numérico a preencher conforme a área bruta de construção;
- Elementos fonte de manutenção, sua caracterização construtiva e, caso necessário, a quantidade afetada pela anomalia, normalmente medida em m<sup>2</sup> – Campo a preencher conforme se tratar de pavimentos, paredes interiores, coberturas, etc, de acordo com a listagem dos elementos fonte de manutenção, que inclui também o preenchimento dos campos alfanuméricos com respetivo código. A caracterização construtiva deverá ser o mais perceptível possível e a quantidade como campo numérico deverá ser preenchido na devida unidade de medida;
- Data de aparecimento da anomalia, em meses, após a entrada em funcionamento do edifício – Campo numérico a preencher conforme a data em que se identificaram as anomalias;
- Manifestações patológicas – Campo a preencher de forma sintética e clara, tendo por base um certo nível de padronização;
- Causas das anomalias e suas descrições – Campo a preencher de forma sintética e clara, tendo por base um certo nível de padronização;
- Origem da anomalia, a nível de projeto, construção, utilização ou de outro tipo – Campo alfanumérico a preencher com a letra inicial do tipo de erro em causa;
- Descrição da intervenção realizada – Campo a preencher de forma clara;
- Caracterização do tipo de manutenção aplicada – Campo alfanumérico a preencher com a letra S ou R, conforme se tratar de substituição ou reparação de elementos;
- O número de reincidências da anomalia – Campo alfanumérico a preencher com o número de reincidências ou com a letra N para simbolizar que não existiram;
- O tempo de execução da intervenção e o seu custo em termos totais e em percentagem do valor orçamentado – Campo numérico a preencher consoante os valores existentes. A percentagem do valor orçamentado a que corresponde a intervenção deverá ser preenchida de forma automática, de acordo com o valor orçamentado da obra e o custo da intervenção;

Das 16 obras em estudo, identificaram-se 30 anomalias, as quais, segundo aquilo que se considerou de grande importância, devem ser descritas em fichas tipo. A criação de fichas tipo de diagnóstico e intervenção tem como objetivo caracterizar as anomalias e as intervenções, de modo a perceber quais as principais anomalias que ocorreram, em que elementos, quais os custos para as resolver e quando aparecem, de forma a tornar a informação acessível de forma fácil, simples e clara, rápida e de uma maneira mais atrativa para quem as consulte. Colocando a informação já disponível e organizada no “Excel”, é possível criar uma caracterização descritiva e relacional de todos os parâmetros em estudo. Após a definição do documento que servirá de base para as fichas tipo, a tarefa de realização das fichas de diagnóstico e intervenção é facilitada com recurso à ferramenta “Merge”, que torna possível transferir dados do “Excel” para o “Word”. Dessa forma, utilizando o comando disponível através do “Merge”, é

possível preencher de forma automática todas as fichas tipo referentes às 30 anomalias, pelo que, tirando a parte da criação do documento tipo e a reflexão sobre as questões estéticas e de apresentação, a maior parte do trabalho fica concluída com o preenchimento da informação que deve constar no “Excel”.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Número da Obra	Tipo de Obra	Tipo de Utilização	Local	Orçamento	Área de construção	Data de Construção	Descrição da obra
2	1.1	Construção de raiz	Moradia Unifamiliar	Porto, Ru	235000	260	2007	Demolição de paredes interiores,
3	1.2	Construção de raiz	Moradia Unifamiliar	Porto, Ru	235000	260	2007	paredes interiores, A obra consistiu na
4	7.1	Ampliação	Moradia Unifamiliar	Porto, Ru	100000	115	2006	picagem de rebocos
5	7.2	Ampliação	Moradia Unifamiliar	Porto, Ru	100000	115	2006	picagem de rebocos
6	9.1	Construção de raiz	Edifício em Espaço rural	Vila Real,	230000	400	2007	A construção
7	12.1	Construção de raiz	Spa e Ginásio	Mafamuc	854649	390	2009	Remodelação de
8	12.2	Construção de raiz	Spa e Ginásio	Mafamuc	854649	390	2009	instalações. Os
9	12.3	Construção de raiz	Spa e Ginásio	Mafamuc	854649	390	2009	Remodelação de
10	12.4	Construção de raiz	Spa e Ginásio	Mafamuc	854649	390	2009	instalações. Os
11	12.5	Construção de raiz	Spa e Ginásio	Mafamuc	854649	390	2009	instalações. Os
12	12.6	Construção de raiz	Spa e Ginásio	Mafamuc	854649	390	2009	Remodelação de
13	12.7	Construção de raiz	Spa e Ginásio	Mafamuc	854649	390	2009	instalações. Os
14	13.1	Reabilitação	Moradia Unifamiliar	Rua da B.	350000	600	2003	os pisos em
15	13.2	Reabilitação	Moradia Unifamiliar	Rua da B.	350000	600	2003	os pisos em
16	13.3	Reabilitação	Moradia Unifamiliar	Rua da B.	350000	600	2003	Demolição de todos
17	2.1	Construção de raiz	Moradia Unifamiliar	Geraldes	550000	650	2000	A obra consistiu na
18	2.2	Construção de raiz	Moradia Unifamiliar	Geraldes	550000	650	2000	A obra consistiu na
19	2.3	Construção de raiz	Moradia Unifamiliar	Geraldes	550000	650	2000	execução de
20	2.4	Construção de raiz	Moradia Unifamiliar	Geraldes	550000	650	2000	A obra consistiu na
21	14.1	Construção de raiz	Edifício Industrial	Guimarães	2300000	5000	2018	Execução de cave
22	3.1	Construção de raiz	Moradia Unifamiliar	Santo Tir	300000	324	1990	A moradia é
23	8.1	Ampliação	Moradia Unifamiliar	Vila Nova	500000	300	2011	Construída
24	4.1	Construção de raiz	Moradia Unifamiliar	Porto	380000	300	2003	do chão onde se
25	10.1	Construção de raiz	Edifício de uso misto	Paredes	1700000	2750	2000	constituído por um
26	5.1	Construção de raiz	Moradia Unifamiliar	Matosinh	370000	270	2003	A habitação é
27	6.1	Construção de raiz	Moradia Unifamiliar	Lamego	550000	300	2002	Moradia constituída
28	11.1	Construção e Reconstru	Moradias Unifamiliares	São João	750000	1000	2001	casas executadas
29	15.1	Remodelação	Edifício em Espaço rural	Penafiel	250000	100	2002	Construído em
30	16.1	Reconstrução	Edifício de habitação unif	Rua Dom	400000	400	2015	remoção de
31	16.2	Reconstrução	Edifício de habitação unif	Rua Dom	400000	400	2015	A obra consistiu na

Figura 102 - Organização da informação em “Excel”

Ficheiro Base Inserir Estrutura Esquema Referências Correio Rever Ver Ajuda Procurar

Envelopes Etiquetas Iniciar Impressão em Série Selecionar Destinatários Editar a Lista de Destinatários Realçar Campos de Impressão em Série Bloco de Endereços Saudações Linha de Impressão em Série Inserir Campo de Impressão em Série Regras Atribuir Campos Atualizar Etiquetas

ABC 1 Localizar Destinatário Verificação de Erros

Pre-visualizar Resultados

Pre-visualizar Resultados

Ficha de Identificação, Diagnóstico e Intervenção R

I – Informação Geral

**Tipo de Obra:** Construção de raiz

**Tipo de utilização:** Moradia Unifamiliar

**Morada:** Porto, Rua Padre Luís Cabral

**Data de Construção:** 2007

**Orçamento:** 235000 €

Figura 103 - Utilização da ferramenta “Merge”

<b>Ficha de Identificação, Diagnóstico e Intervenção</b> «Número_da_Obra»	<b>Ref.</b>
--	-------------

---

**I – Informação Geral**

**Tipo de Obra:** «Tipo\_de\_Obra»

**Tipo de utilização:** «Tipo\_de\_Utilização»

**Morada:** «Local»

**Data de Construção:** «Data\_de\_Construção»

**Orçamento:** «Orçamento» €

**Área Bruta de Construção:** «Área\_de\_construção» m<sup>2</sup>

**Descrição Sucinta da obra:** «Descrição\_da\_obra»

**Fotografia da Envolvente**

**II – Anomalia**

**Local:** «Local\_das\_Manifestações»

Elemento/Componente	EFM – Nível 1	EFM – Nível 2	EFM – Nível 3	Quantidade
«Elemento_1»	«Nível_1_EFM»	«Nível_2_EFM»	«Nível_3_EFM»	«Metros_2» m <sup>2</sup>

**Caracterização Construtiva:** «Descrição\_do\_Elemento»

Figura 104 - Preenchimento automático das fichas tipo

De notar, que a fonte de informação obtida para o preenchimento das fichas de diagnóstico e intervenção não contem fotografias das anomalias, pois tratando-se de edifícios já construídos não foi possível encontrar esse tipo de informação fotográfica no banco de dados da empresa.

Ainda assim, a informação obtida permitiu fazer uma caracterização descritiva, organizando os dados sobre os tipos de obra, os tipos de utilização, as cidades onde se inserem os edifícios e a sua data de construção.

Também, será possível fazer uma caracterização relacional, identificando por elementos fonte de manutenção afetados, a data de aparecimento das anomalias, os custos das intervenções nesses mesmos elementos, as principais anomalias que ocorrem e o número de reincidências. Por exemplo, será possível perceber que tipo de anomalias ocorrem em pavimentos ou que os problemas relacionados com humidade de condensação tiveram um certo custo em termos de percentagem do valor orçamentado.

Será possível perceber qual a grandeza, na amostra existente, em termos de custos do tratamento de humidade em paredes interiores. Qual a relação de grandeza do custo com o tempo de aparecimento, com o tipo de anomalia, ou o número de intervenções com o tempo.

## 4.2. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.2.1. ANOMALIAS IDENTIFICADAS

Do banco de dados em estudo foi possível reunir a seguinte informação, figuras 105 e 106, em relação à origem das anomalias.

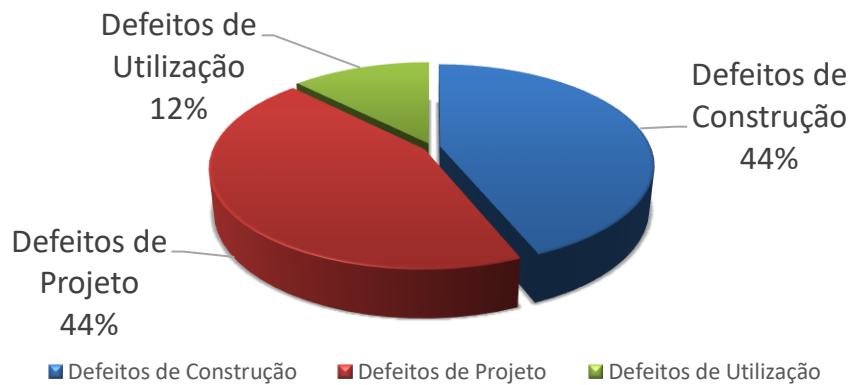


Figura 105 - Distribuição das anomalias analisadas em função da origem das anomalias

Procurou-se perceber qual a fonte dos problemas e o impacto de cada uma das fases do ciclo de um empreendimento nestas questões. De todos os erros identificados, concluiu-se que as anomalias ocorrem praticamente na sua totalidade devido a erros de projeto e construção, que representam cerca de 88% dos casos em estudo. Os defeitos de utilização ocorreram em 12% das ocasiões.

Na figura 106, destaca-se o custo dos trabalhos de reparação de danos.

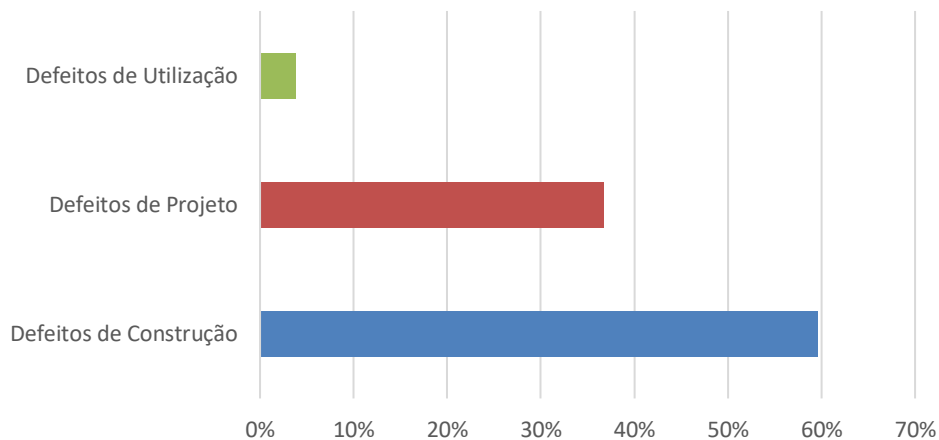


Figura 106 – Percentagem dos custos dos trabalhos de reparação de danos em função da origem das anomalias

Em relação aos custos dos trabalhos de reparação, destaca-se que os custos dos defeitos de construção correspondem a cerca de 60% da quantia gasta na reparação das anomalias. A soma dos custos dos trabalhos de reparação devido a erros de construção e projeto englobam praticamente a totalidade do volume gasto.

Os resultados obtidos quanto à origem dos defeitos estão em consonância com outros estudos enunciados no capítulo 2.

#### 4.2.2. ELEMENTOS FONTE DE MANUTENÇÃO SOLICITADOS

Tendo em conta as anomalias e defeitos ocorridos, foi possível distinguir os diferentes elementos fonte de manutenção solicitados, que se apresentam na figura 107:

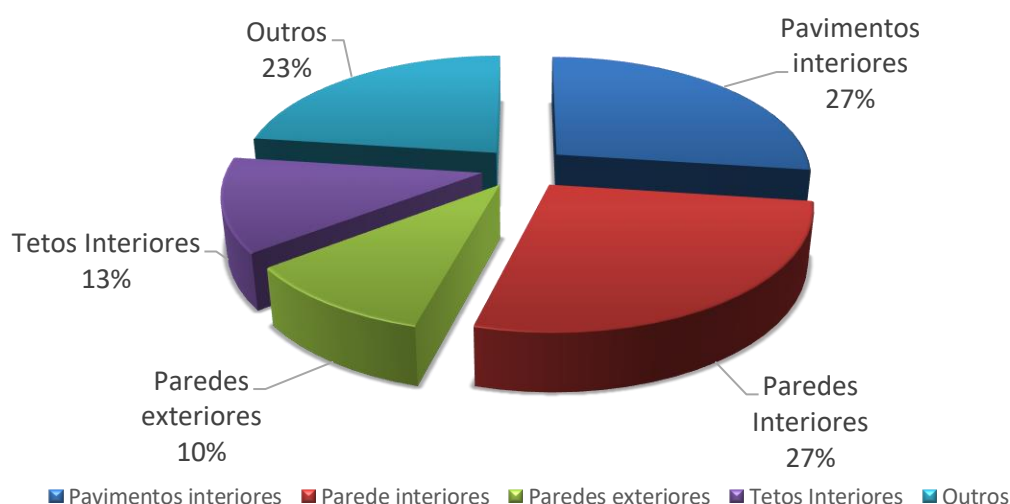


Figura 107 - Distribuição das anomalias analisadas em função dos elementos fontes de manutenção

O objetivo passou por perceber quais são os elementos mais vulneráveis aos defeitos. Das anomalias analisadas, foi possível perceber que ocorreram sobretudo em pavimentos e paredes interiores, que totalizam cerca de 54% das anomalias identificadas. Para além destes, destaca-se a identificação de uma boa parte das anomalias em tetos interiores e paredes exteriores. Cerca de 23% das anomalias ocorreram noutros elementos, dos quais se destacam caleiras, pavimentos exteriores, coberturas, portas interiores e componentes em casas de banho.

Dos custos das intervenções realizadas, destaca-se que cerca de 65% desses custos foram relocados para a reparação de danos em pavimentos interiores, muitas vezes com custos elevados devido à substituição de todo o pavimento. Os danos em paredes interiores e tetos interiores consumiram, também, boa parte dos recursos, representando cerca de 25% do volume gasto.

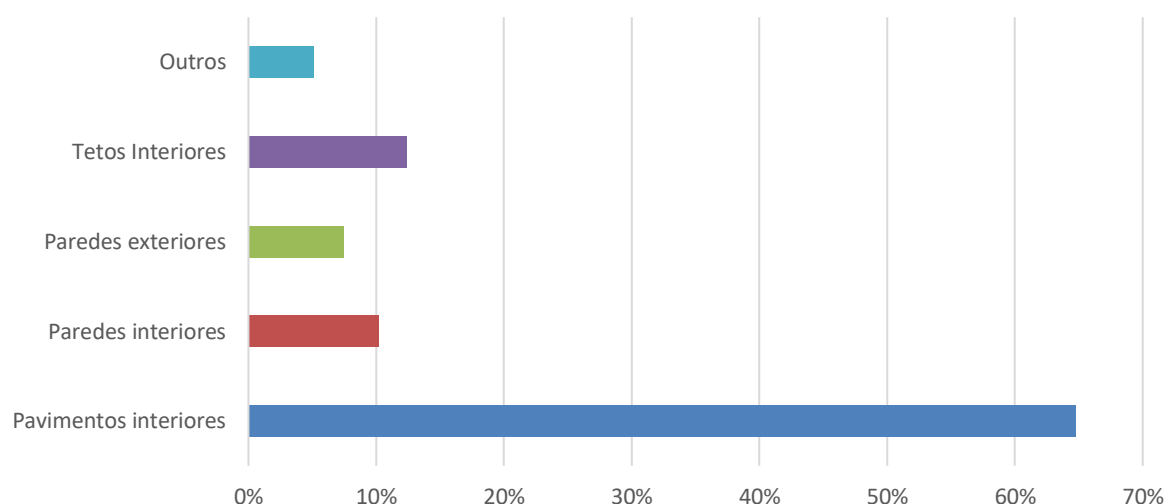


Figura 108 – Percentagem dos custos dos trabalhos de reparação de danos em função dos elementos fontes de manutenção

#### 4.2.3. PRINCIPAIS PATOLOGIAS

A identificação das principais patologias que afetam os edifícios é um dos grandes objetivos da recolha e tratamento de dados. Nesse sentido, foi possível reunir a seguinte informação:

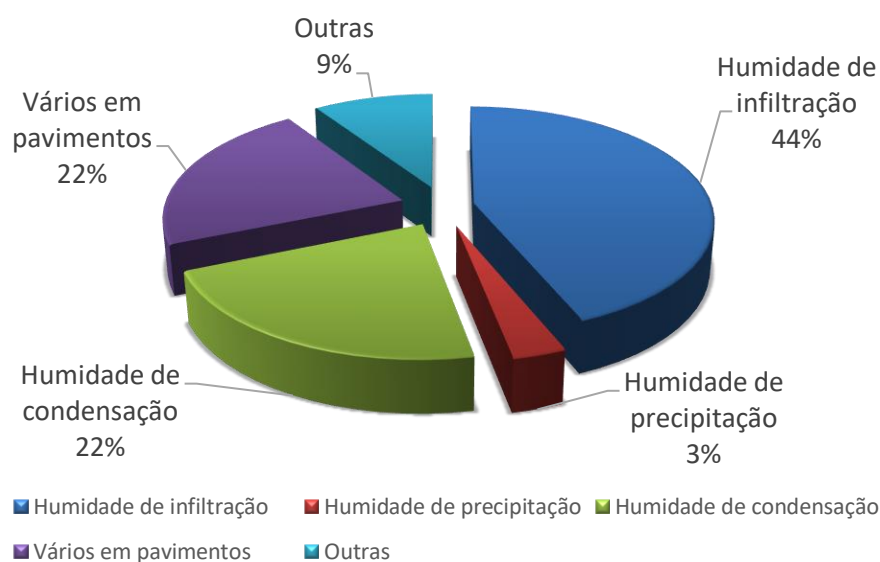


Figura 109 - Distribuição das anomalias analisadas em função das principais patologias

Destaca-se que a patologia mais frequente decorre de humidades de infiltração, estando em consonância com outros estudos citados no capítulo 2. Seguem-se os problemas de condensações e problemas de outro tipo em pavimentos, dos quais se destacam a degradação, ondulação e empeno de pavimentos e questões pontuais como corrosão em pavimentos de betão, pavimentos escorregadios em zona de piscina

e degradação das juntas. Em relação a outras patologias destacam-se problemas relacionados com fissurações, má execução de rebocos, degradação de caleiras e deterioração de revestimentos.

Posto isto, constata-se que grande parte das anomalias dizem respeito a problemas relacionados com humidade, como se mostra no gráfico da figura 110:

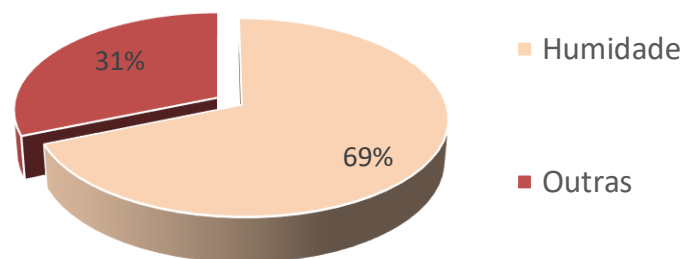


Figura 110 - Distribuição das anomalias analisadas em função das principais causas

Verifica-se, assim, que os problemas relacionados com humidade (de infiltração, de precipitação e de condensação) representam praticamente cerca de 70% das anomalias identificadas. Dessa forma, percebe-se a importância dada, tantas vezes, aos problemas de humidade e suas consequências.

Da figura 111, é perceptível que os problemas relacionados com humidades de infiltração consomem uma grande parte dos recursos financeiros, correspondendo a praticamente 60% dos custos de todas as reparações. Os problemas de outro género em pavimentos, os quais já se destacaram alguns, abrangem cerca de 30% do montante gasto nas intervenções.

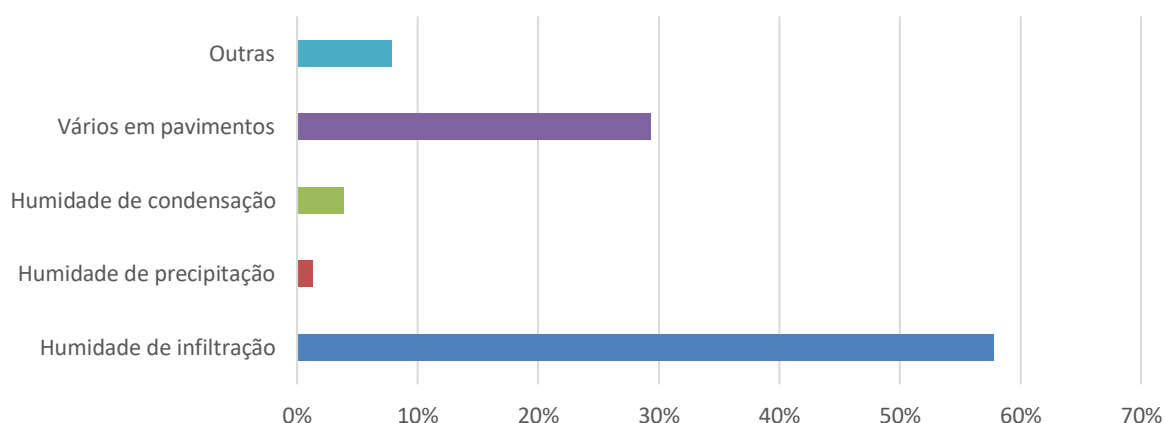


Figura 111 – Percentagem dos custos dos trabalhos de reparação de danos em função das principais patologias

Na figura 112, evidencia-se que os problemas relacionados com humidade ocupam a maior parte do volume de gastos nas ações de reparação, cerca de 62%.



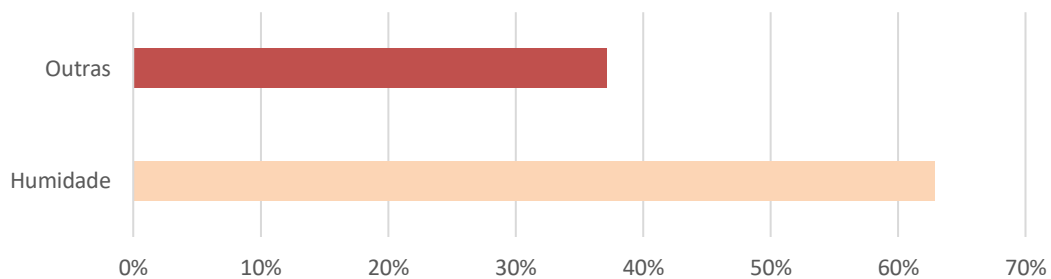


Figura 112 – Percentagem dos custos dos trabalhos de reparação de danos em função das principais causas

#### 4.2.4. DATA DE APARECIMENTO DAS ANOMALIAS

Um dos aspetos mais importantes para a caracterização do comportamento de um edifício é a identificação dos períodos de degradação, pelo que é essencial perceber em que período de funcionamento dos edifícios ocorrem, por norma, as anomalias. De frisar que, algumas vezes, quando não se tem documentada a data específica do aparecimento da manifestação patológica, este tipo de informação é obtido pedindo às pessoas que façam um exercício de memória, parecendo ser evidente que as pessoas têm tendência para se fixarem em datas padrão, como “6 meses depois, 1 ano depois ou 2 anos depois” da entrada em funcionamento. Quer isto dizer que, mesmo que na realidade a patologia se tenha começado a manifestar 14 meses depois da entrada em funcionamento do edifício, as pessoas, não tendo totalmente a certeza, terão tendência para se fixarem na data padrão de 1 ano. Podendo não ter toda a precisão desejada, ainda assim dos dados obtidos poderá extrapolar-se algumas tendências que parecem ser evidentes. Assim sendo, realça-se a informação da figura 113, para um período de garantia de 5 anos (60 meses):

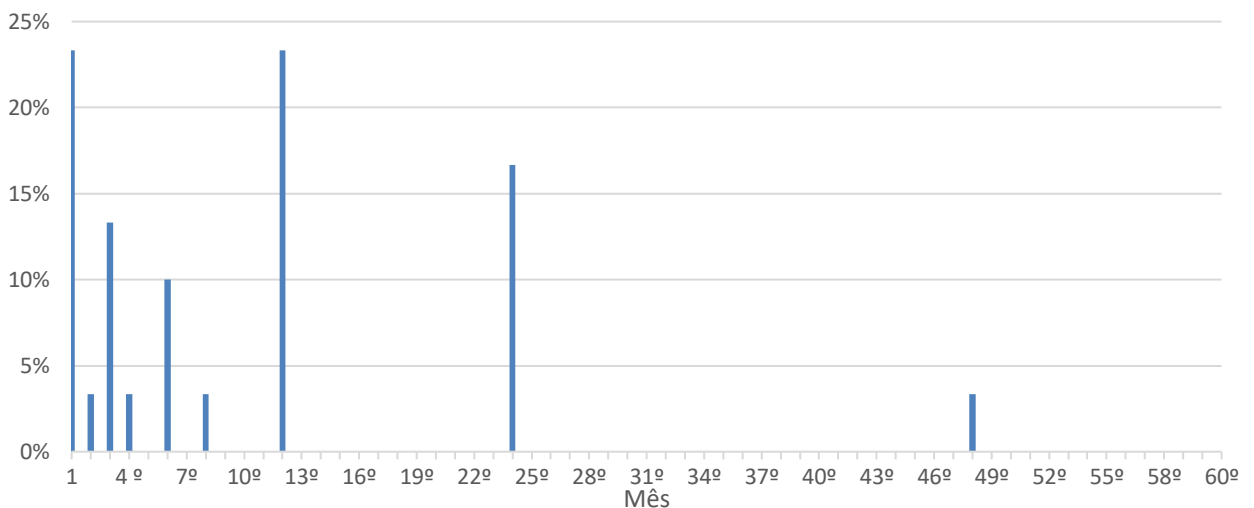


Figura 113 - Percentagem de intervenções em função do tempo de aparecimento das anomalias

Destaca-se que no primeiro mês e, curiosamente, no 12º mês, ou seja, um ano depois, ocorrem o maior número de anomalias.

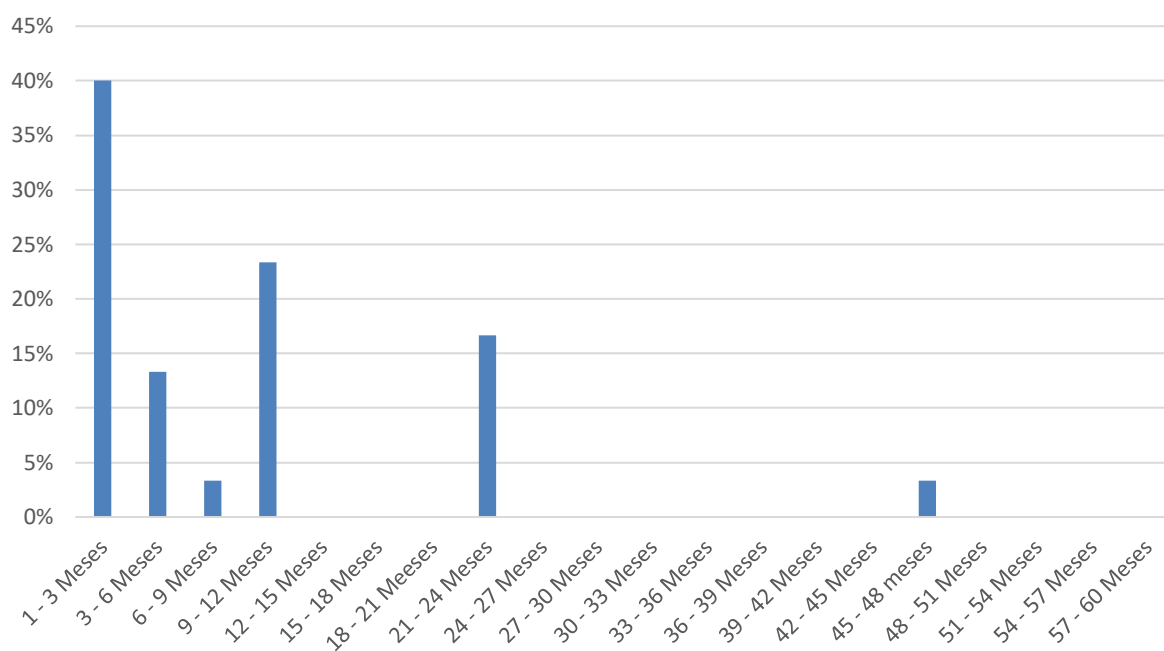


Figura 114 - Percentagem de intervenções em função do tempo de aparecimento das anomalias

Fazendo uma análise mais pormenorizada, salienta-se que nos primeiros 3 meses ocorrem o maior número de anomalias, totalizando cerca de 40%. Meia ano depois do edifício estar em utilização e até ao período de 1 ano, ocorrem cerca de 26% das anomalias.

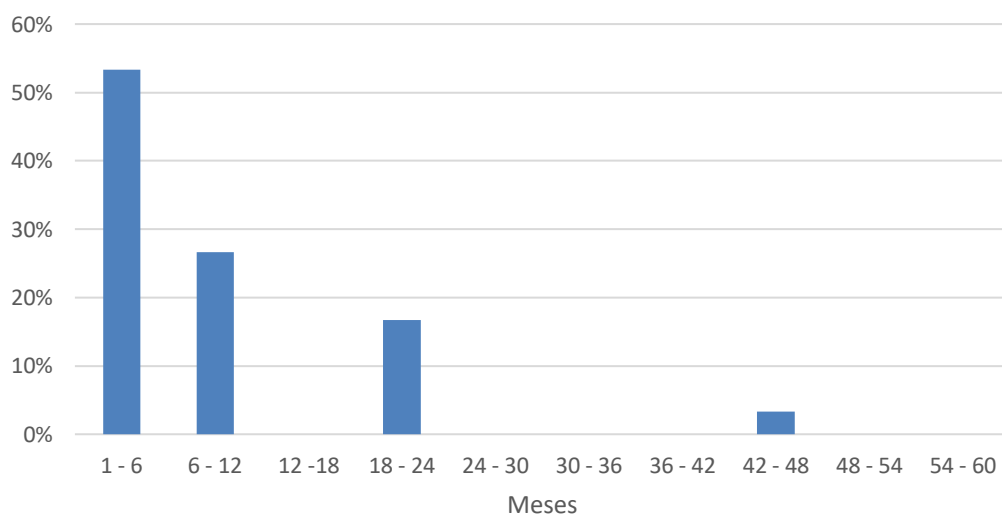


Figura 115 - Percentagem de intervenções em função do tempo de aparecimento das anomalias

De igual forma, é perceptível que nos primeiros 6 meses ocorrem mais de metade das anomalias, verificando-se uma tendência para a diminuição do número de urgências no tempo.

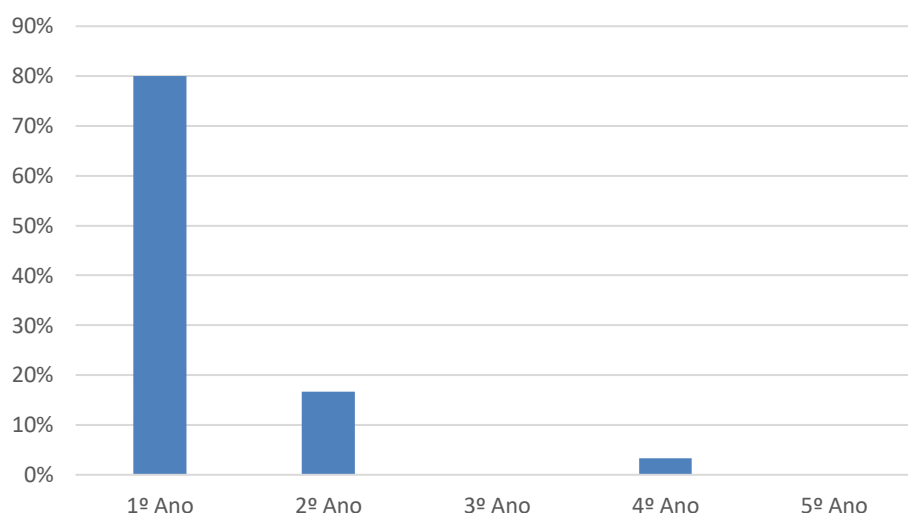


Figura 116 - Percentagem de intervenções em função do tempo de aparecimento das anomalias

Em conclusão, destaca-se que no primeiro ano de utilização ocorrem cerca de 80% das anomalias. Durante o segundo ano após a entrada do edifício em funcionamento ocorrem à volta de 18% das anomalias. Passados dois anos de utilização, praticamente não se identificaram o aparecimento de anomalias. Verifica-se, assim, a tendência, defendida por alguns autores, para a ocorrência de anomalias logo após a entrada em funcionamento do edifício, durante o primeiro ano de utilização.

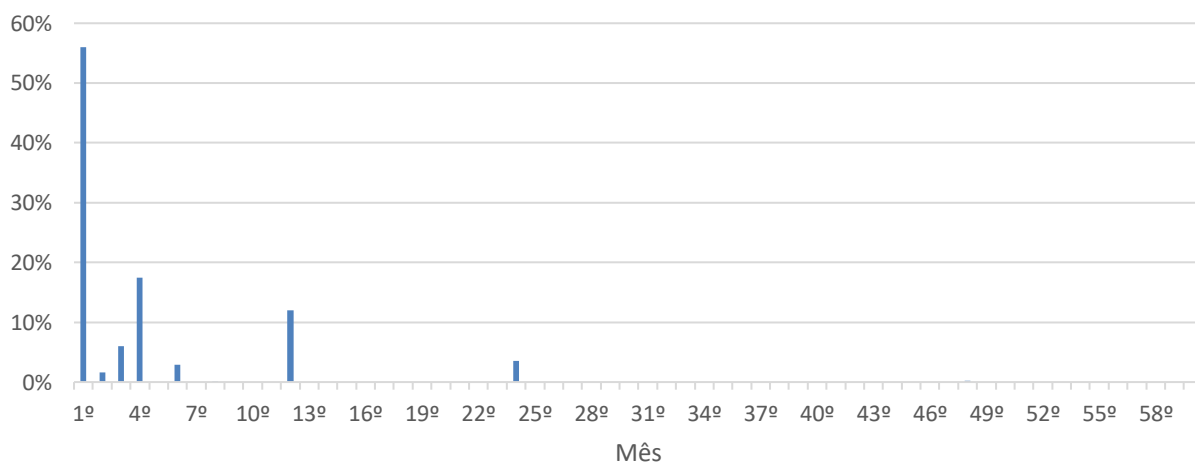


Figura 117 – Percentagem dos custos dos trabalhos de reparação de danos em função da data de aparecimento

Em relação ao custo das intervenções, destaca-se que as intervenções realizadas devido a anomalias que ocorrem 1 mês depois da entrada em funcionamento do edifício representam cerca de 55% dos custos despendidos.

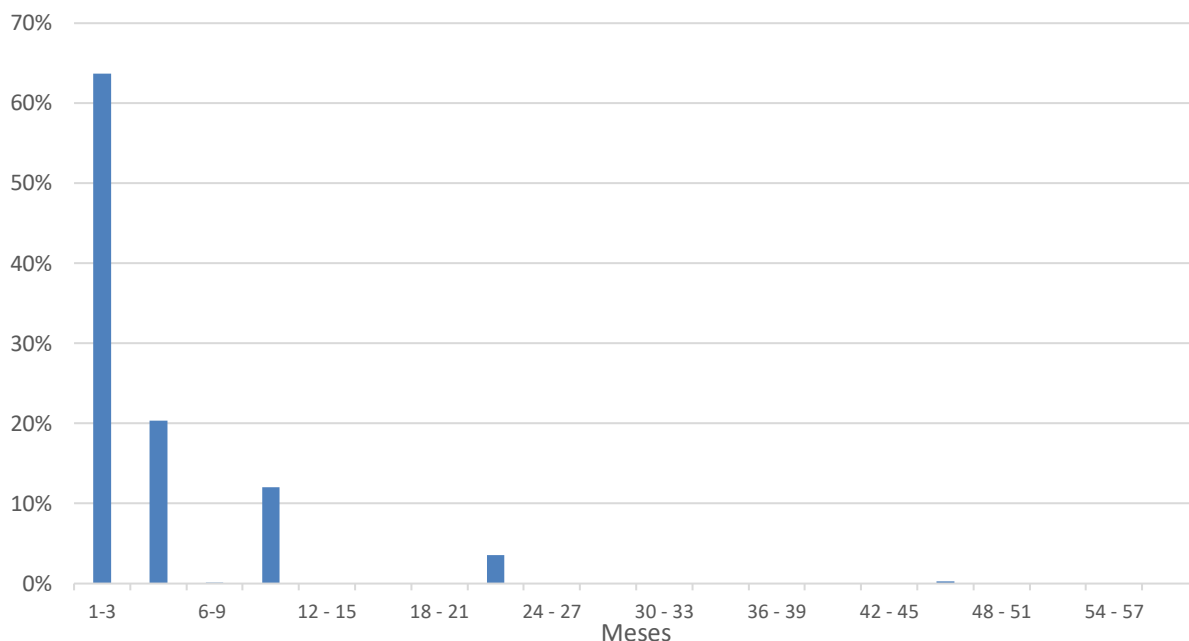


Figura 118 – Percentagem dos custos dos trabalhos de reparação de danos em função da data de aparecimento

Agrupando um conjunto de meses, percebe-se que as anomalias que ocorrem nos primeiros 3 meses após a entrada em funcionamento, representam mais de 60% do volume gasto na reparação das anomalias. Destaca-se, também, que após os 3 meses, parece haver uma tendência para que se gaste menos dinheiro na reparação de anomalias, também porque ocorrem em menor número após os 3 meses de utilização do edifício.

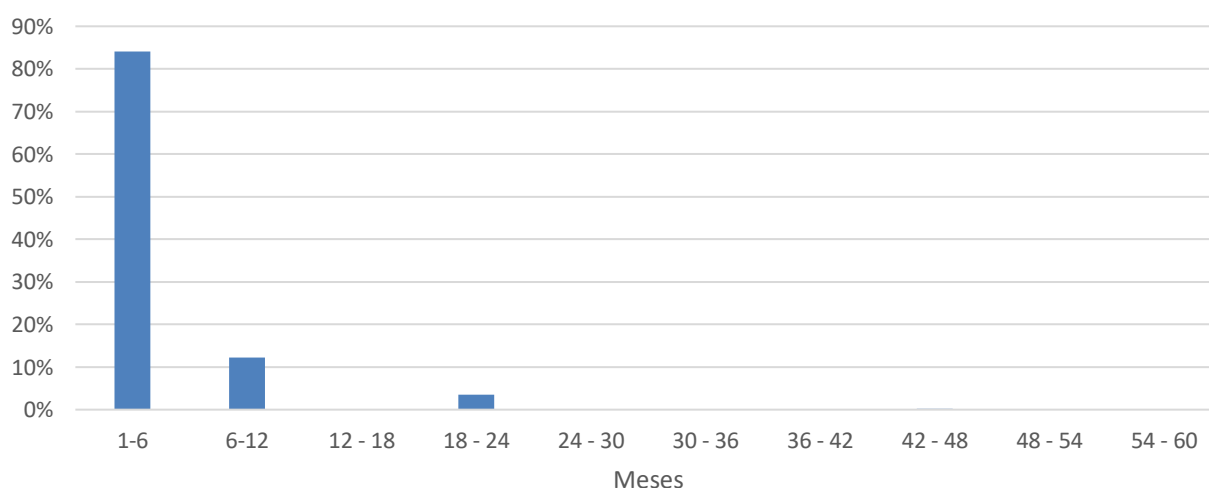


Figura 119 – Percentagem dos custos dos trabalhos de reparação de danos em função da data de aparecimento

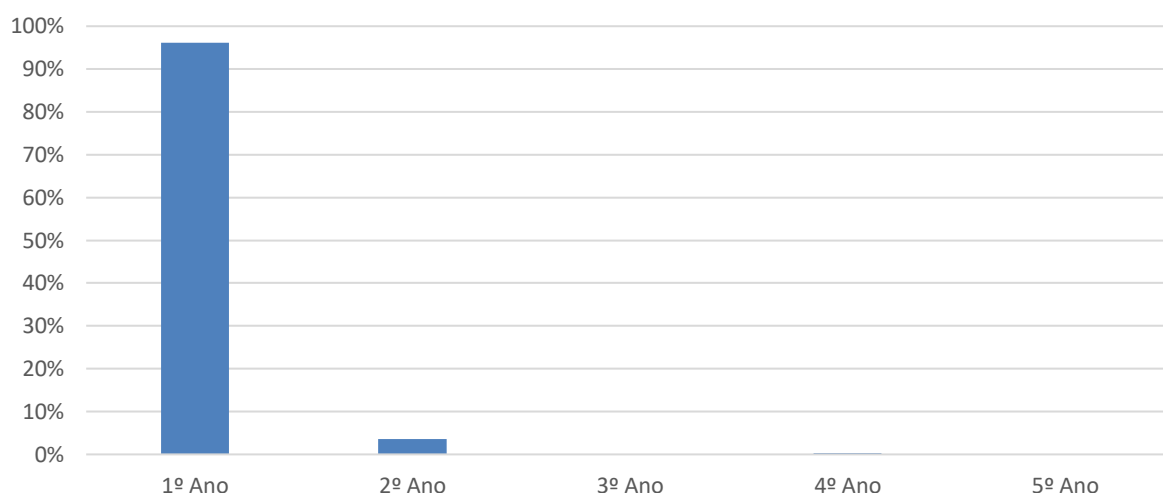


Figura 120 – Percentagem dos custos dos trabalhos de reparação de danos em função da data de aparecimento

Dos gráficos das figuras 119 e 120, destaca-se que cerca de 85% dos custos são gastos em anomalias que ocorrem durante os primeiros 6 meses de utilização. Torna-se ainda mais visível que praticamente a totalidade dos gastos é despendida em anomalias que ocorrem durante o primeiro ano de vida do edifício.

#### 4.2.5. CUSTOS DE ANOMALIAS EM TERMOS DO VALOR ORÇAMENTADO DA OBRA

Uma das melhores formas de perceber o impacto económico de uma determinada anomalia, é a avaliação do seu custo em termos de percentagem do valor orçamentado da obra. Assim sendo, tendo em conta o banco de dados em estudo foi possível concluir o seguinte:

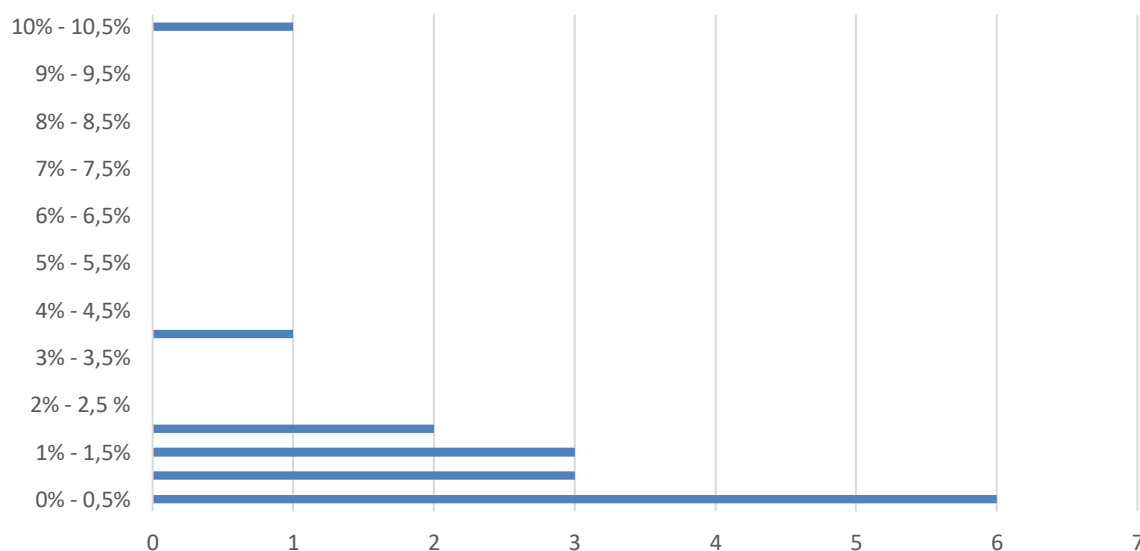


Figura 121 - Percentagem dos custos de reparação em função do valor orçamentado, por obra

Das obras em estudo, destaca-se que, por obra, das intervenções de reparação realizadas, os custos mais frequentes representaram entre 0,1 % e 0,5 % do valor orçamentado.

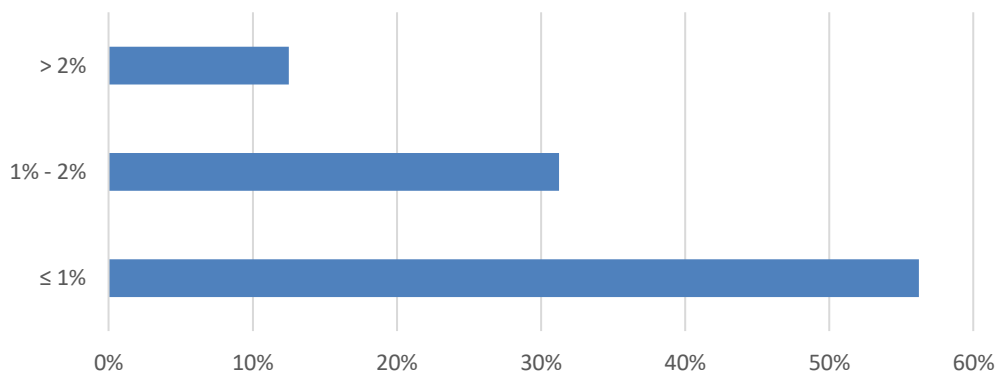


Figura 122 - Percentagem dos custos de reparação em função do valor orçamentado, por obra

Em cerca de 55% das obras analisadas, as intervenções realizadas corresponderam a valores iguais ou inferiores a 1% do valor orçamentado. As obras com intervenções que representaram entre 1 % e 2% do valor orçamentado totalizam cerca de 32 %. Assim sendo, conclui-se que na maioria das obras em estudo, os custos com intervenções de reparação não ultrapassaram os 2% do valor orçamentado, sendo que, por norma, se gastou menos de 1% do valor orçamentado em intervenções de reparação.

#### 4.2.6. TEMPO DE EXECUÇÃO DAS INTERVENÇÕES

As intervenções que foram necessárias levar a cabo, na maioria dos casos duraram cerca de 4 dias ou menos, tal como se mostra na figura 123:

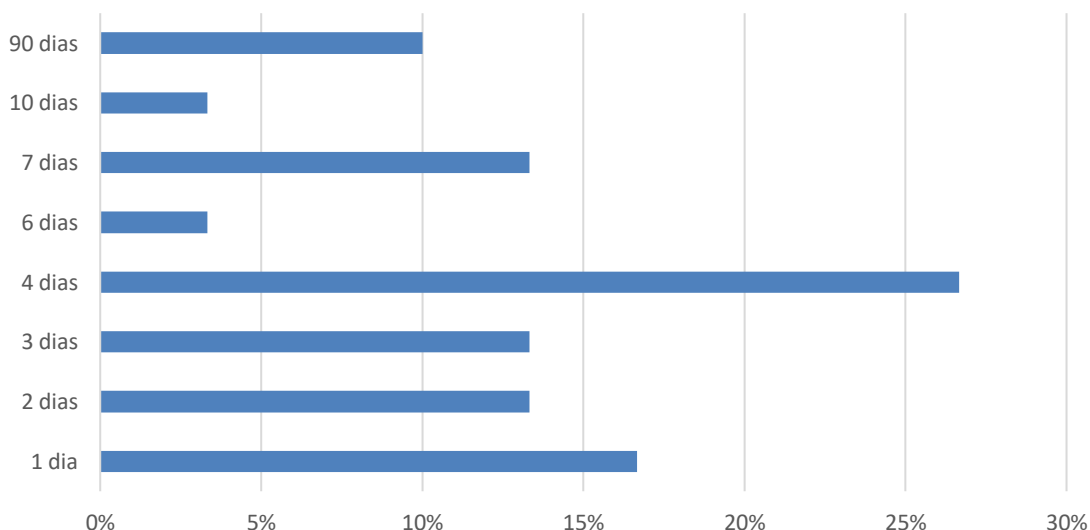


Figura 123 - Distribuição das anomalias analisadas em função do tempo de execução das intervenções de reparação realizadas

Destaca-se a ocorrência de algumas anomalias que apenas 90 dias depois foram totalmente reparadas devido a questões excepcionais em que os estragos foram de elevado grau.

De forma mais pormenorizada, tal como se demonstra na figura 124, destaca-se que cerca de 87% das intervenções realizadas duraram menos de 1 semana, concluindo-se assim que é possível dar uma resposta rápida e eficaz perante os problemas ocorridos.

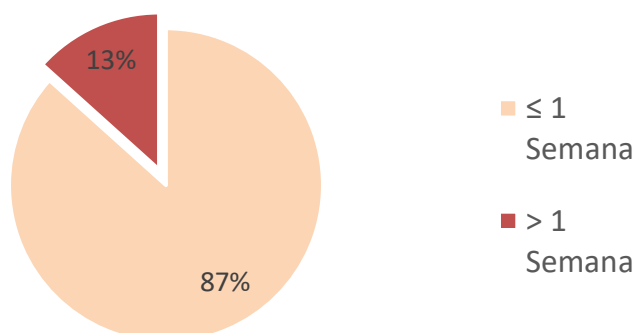


Figura 124 - Distribuição das anomalias analisadas em função do tempo de execução das intervenções de reparação realizadas

#### 4.2.7. REINCIDÊNCIAS

Apenas num único caso foram registadas reincidências, numa situação particular em que não se detetou de imediato qual a origem das anomalias. O facto de não terem ocorrido reincidências nos demais casos significará à partida que se realizou um diagnóstico adequado.

#### 4.2.8. TIPO DE MANUTENÇÃO

Existem dois grandes tipos de ação a levar a cabo, tal como já abordado, as ações de manutenção corretiva ou preventiva. Da análise de resultados concluiu-se o seguinte:

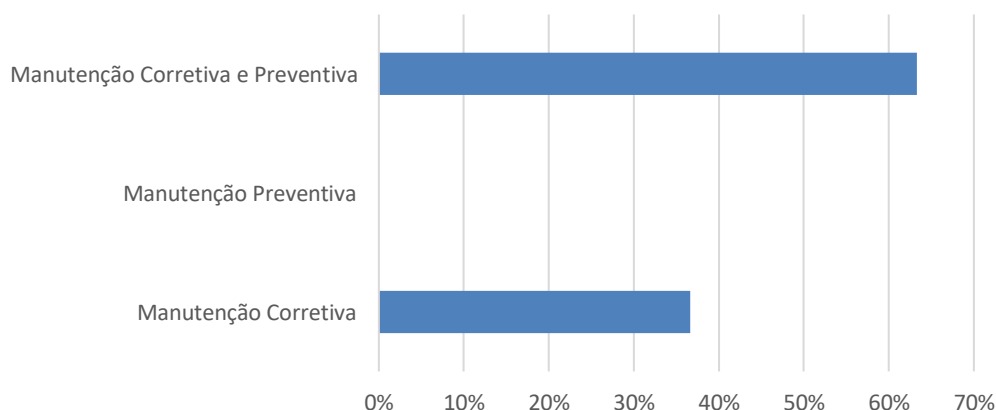


Figura 125 – Percentagem dos tipos de políticas de manutenção adotadas

Verifica-se que na maioria dos casos, as intervenções realizadas basearam-se na ação integrada de ações de manutenção corretiva e preventiva, correspondendo à situação desejada. Por um lado, por corrigir as anomalias identificadas e, por outro lado, por garantir que os defeitos não voltam a ocorrer, pelo menos num pequeno espaço de tempo.

Em relação às intervenções de reparação ou substituição, foi possível verificar o seguinte:

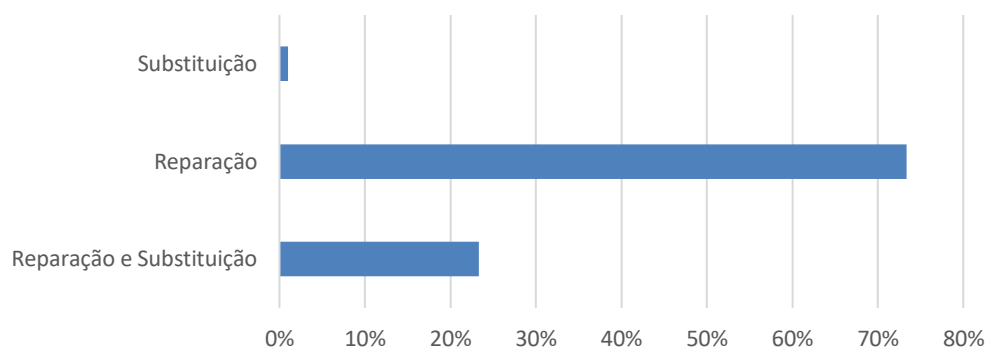


Figura 126 – Percentagem dos tipos de manutenção adotados

As anomalias foram resolvidas principalmente por via da reparação de elementos, destacando-se que em cerca de 23% dos casos as ações de intervenção foram feitas reparando e substituindo elementos, nas situações em que tal era necessário.

#### 4.2.9. CARACTERIZAÇÕES RELACIONAIS DIVERSAS

De seguida serão expostas caracterizações relacionais de alguns fatores em estudo.

Na figura 127, procura-se evidenciar o impacto das etapas do ciclo de um empreendimento no aparecimento de certas patologias, de forma a perceber, por exemplo, qual a influência das diferentes fases no aparecimento de problemas relacionados com humidade de infiltração.

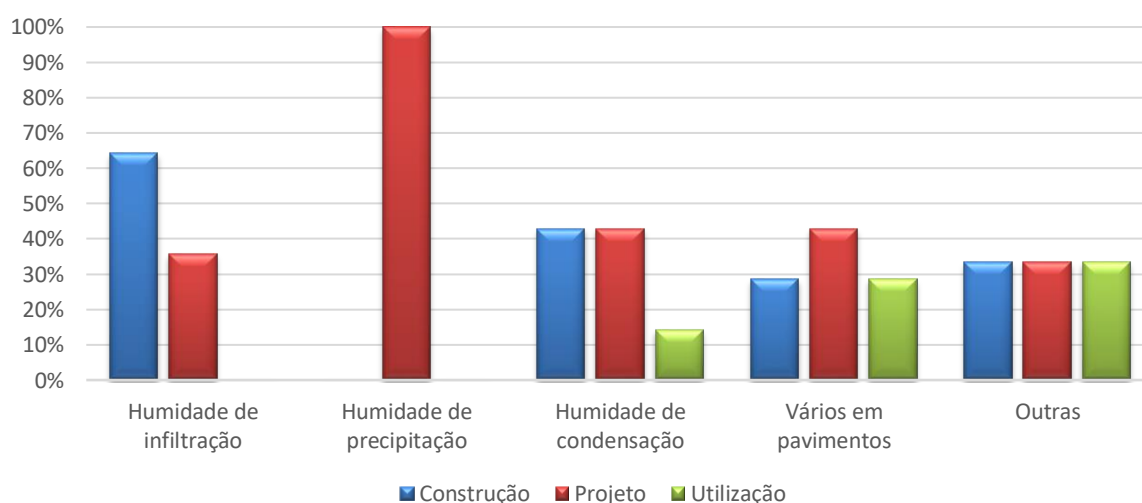


Figura 127 - Principais patologias identificadas em função da origem das anomalias



Destaca-se, mais uma vez, que os problemas identificados derivam maioritariamente de erros de construção e de projeto. Das humidades de infiltração, problema mais frequente da amostra em estudo, destaca-se que os erros de construção estão na base do aparecimento desse tipo de anomalias. Em relação a problemas de outro tipo em pavimentos destaca-se o maior número de erros de projeto. Em relação às outras patologias apontadas, verifica-se que há um equilíbrio entre o número de anomalias que ocorrem devido a erros de construção e projeto.

Outra abordagem possível passa por verificar que tipo de anomalias ocorrem nas diferentes fases do ciclo de um empreendimento. Dessa forma, é possível perceber quais as principais patologias que têm como base erros de construção, de projeto ou de utilização.

Esse tipo de análise é demonstrado na figura 128:

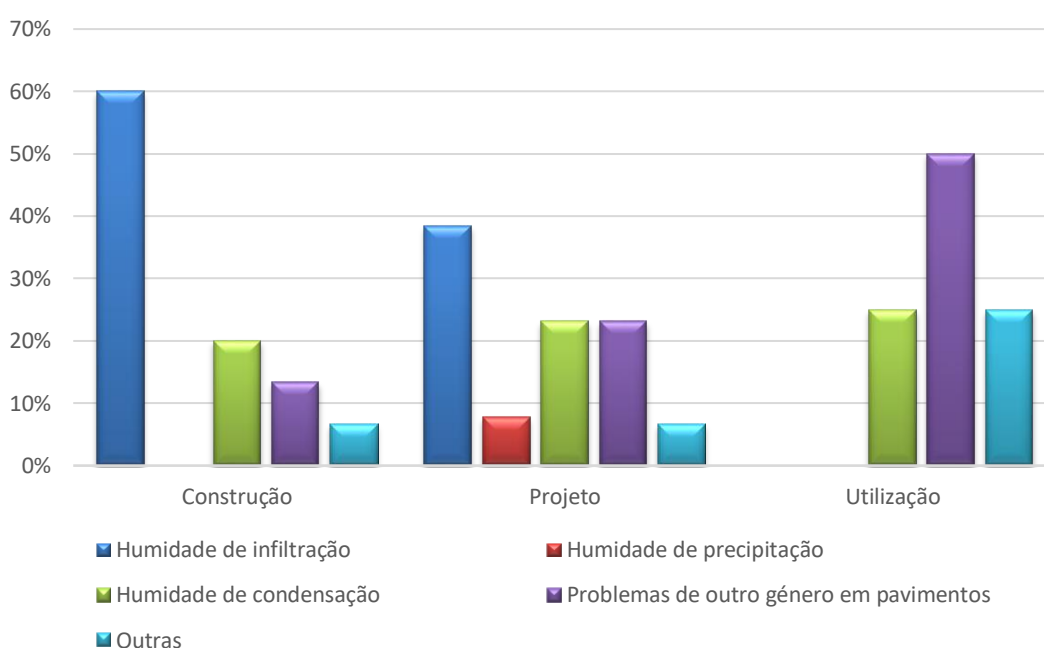


Figura 128 - Origem das anomalias em função das principais patologias

Realça-se que dos erros de construção ocorrem, maioritariamente, problemas relacionados com humidade de infiltração. Dos erros de projeto, verifica-se a mesma tendência, seguida de problemas relacionados com condensações e problemas de outro tipo em pavimentos.

Em relação aos erros de utilização, destaca-se que a maioria danifica pavimentos.

Outro tipo de caracterização relaciona os elementos fonte de manutenção afetados com o tempo de aparecimento das anomalias. O propósito dessa caracterização é o de entender quanto tempo após a entrada em funcionamento ocorrem, maioritariamente, os problemas num elemento específico, de forma a observar alguma tendência. A título de exemplo, poderá ser interessante verificar quantos meses após a utilização ocorrem a maioria dos problemas em pavimentos interiores.

A análise referida é demonstrada nas figuras 129, 130, 131 e 132, que se apresentam de seguida:

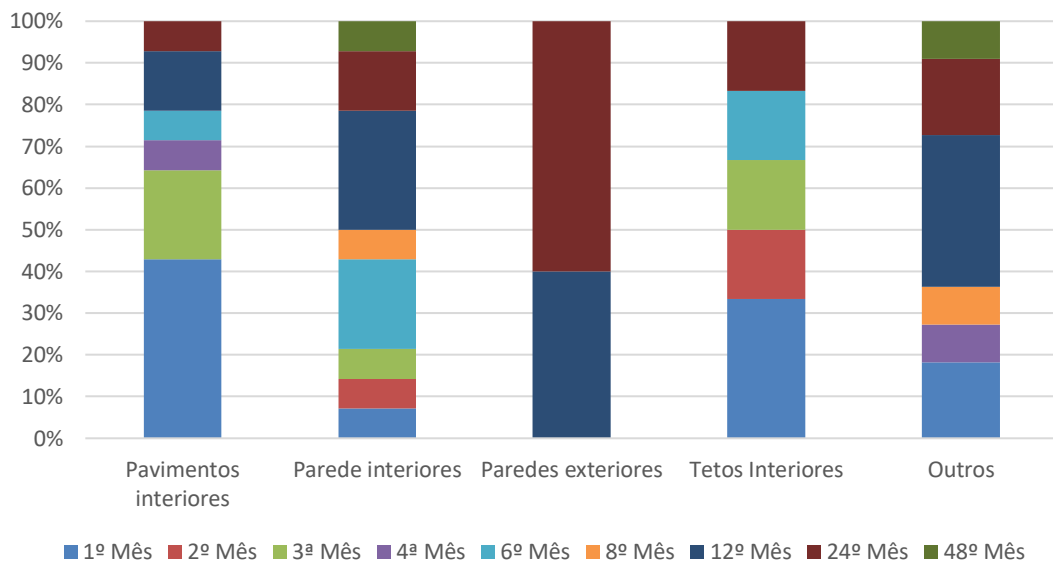


Figura 129 – Problemas em elementos fonte de manutenção em função do tempo de aparecimento das anomalias

Destaca-se que em pavimentos interiores os problemas ocorreram em grande número durante o 1º mês de utilização do edifício. Em paredes interiores, a maior parte dos problemas ocorreram passados 6 meses de utilização. Em paredes exteriores, os defeitos ocorreram principalmente após um ano de utilização.

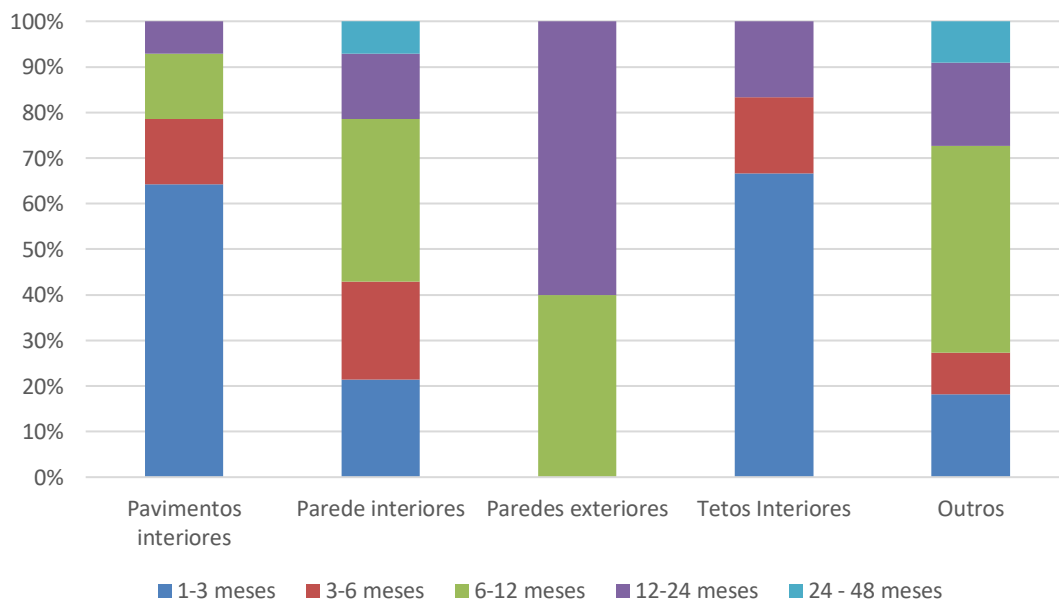


Figura 130 – Problemas em elementos fonte de manutenção em função do tempo de aparecimento das anomalias

De forma mais pormenorizada, salienta-se que em pavimentos e tetos interiores, os problemas ocorreram principalmente nos primeiros três meses de utilização. Em paredes interiores e exteriores, por norma, os problemas ocorreram sobretudo após os 6 meses de utilização.

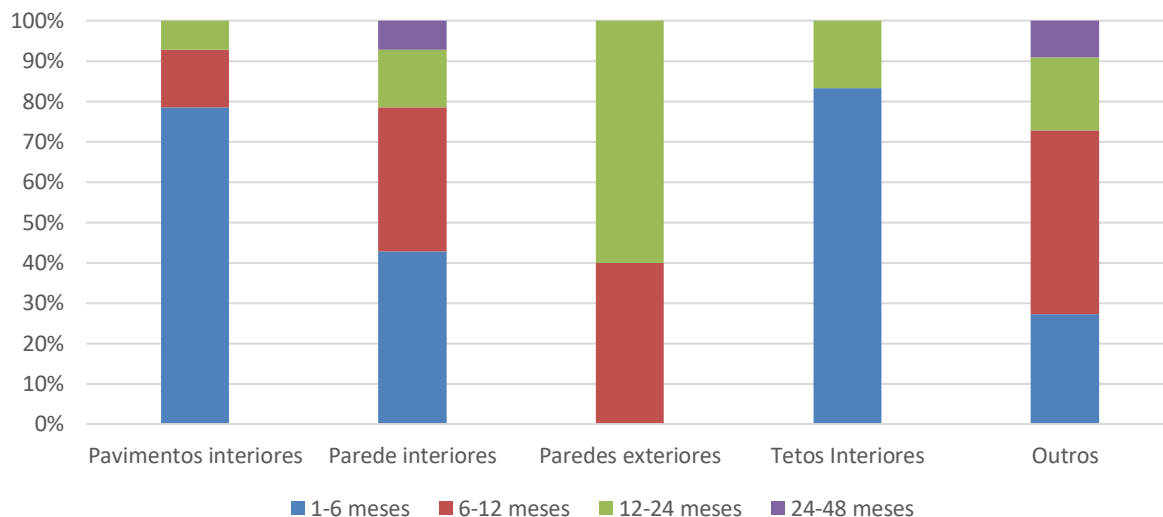


Figura 131 – Problemas em elementos fonte de manutenção em função do tempo de aparecimento das anomalias

Agrupando ainda mais o conjunto de meses, verifica-se que em pavimentos interiores e tetos interiores, as anomalias ocorreram, maioritariamente, durante os primeiros 6 meses.

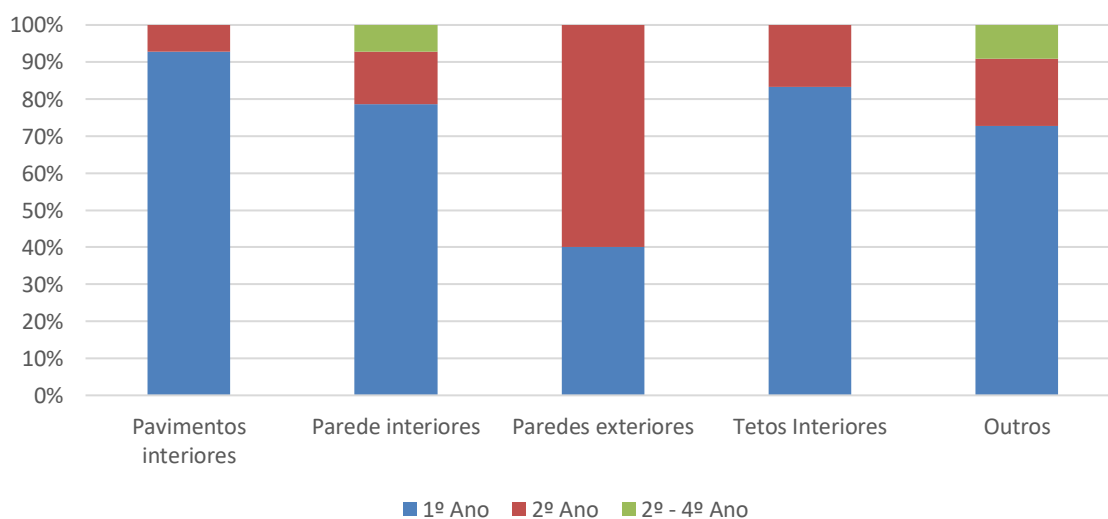


Figura 132 – Problemas em elementos fonte de manutenção em função do tempo de aparecimento das anomalias

Fazendo um estudo anual, corrobora-se que em pavimentos, paredes e tetos interiores, os defeitos ocorreram, quase na sua totalidade, durante o primeiro ano de utilização. Em relação a paredes exteriores, a maior parte dos problemas ocorreram durante o segundo ano de utilização.

De maneira análoga à análise anterior, é possível perceber que elementos são solicitados em função do tempo de aparecimento das anomalias. Dessa forma, identificam-se, por exemplo, os elementos que foram afetados no primeiro mês de utilização e assim por diante, como se mostra nas figuras seguintes:

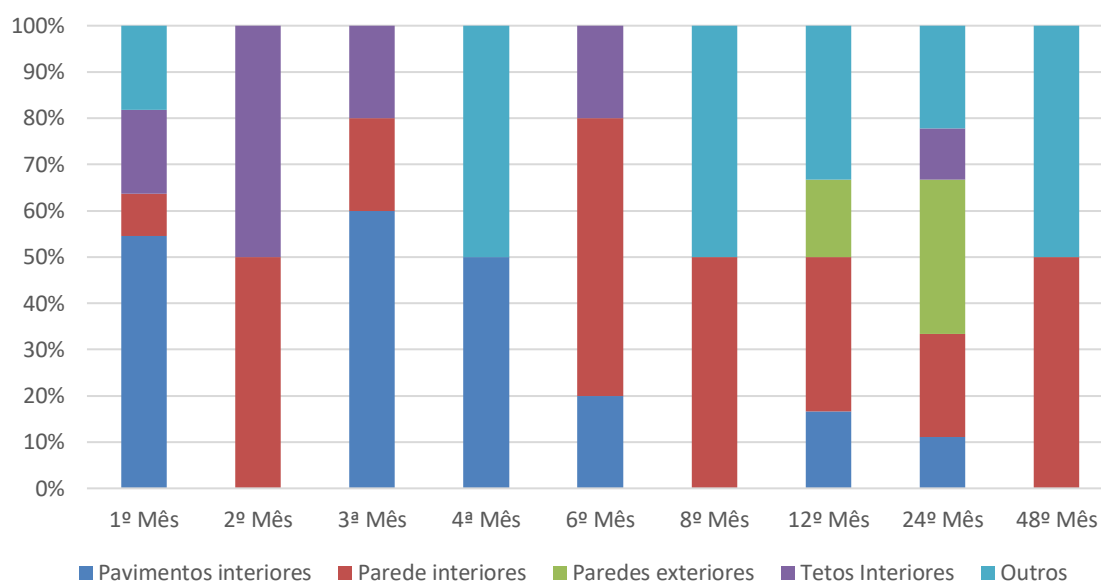


Figura 133 - Data de aparecimento das anomalias em função dos elementos fonte de manutenção

Verifica-se que no 1º mês, os principais problemas ocorrem em pavimentos interiores. No 2º mês, os problemas ocorrem sobretudo em paredes e tetos interiores. Após os 6 meses de utilização, os problemas ocorrem em paredes interiores e noutro tipo de elementos.

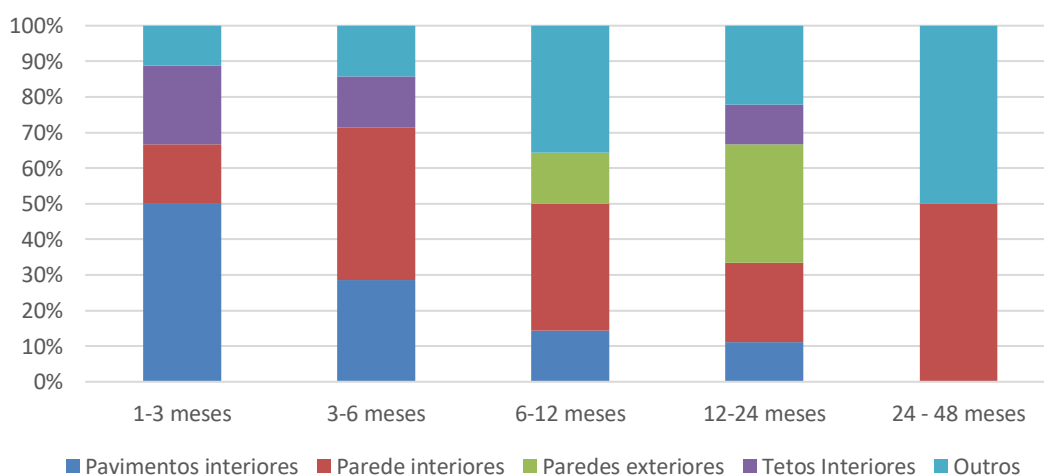


Figura 134 - Data de aparecimento das anomalias em função dos elementos fonte de manutenção

Durante os primeiros três meses, os problemas identificados dizem a respeito a pavimentos interiores. Entre os 3 e os 6 meses de utilização há uma tendência para os problemas em paredes interiores começaram a aparecer.

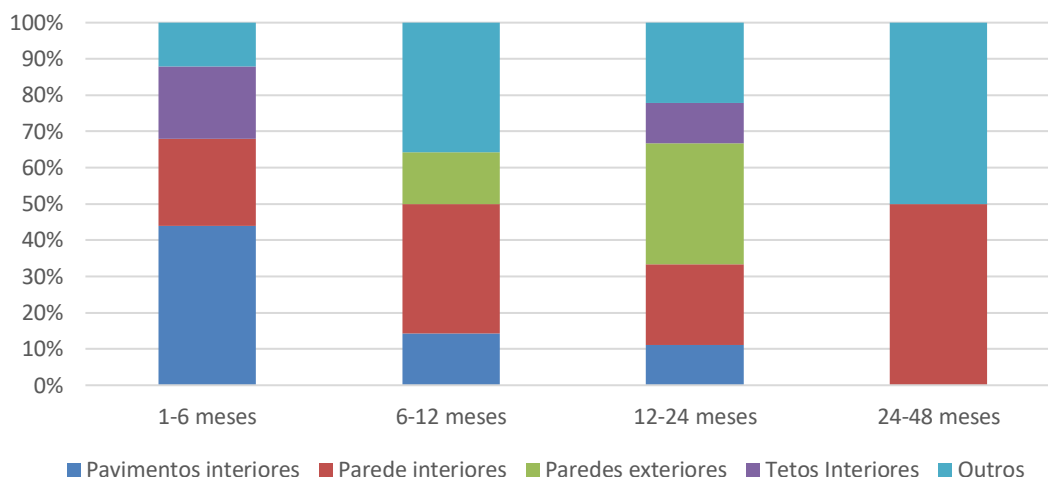


Figura 135 - Data de aparecimento das anomalias em função dos elementos fonte de manutenção

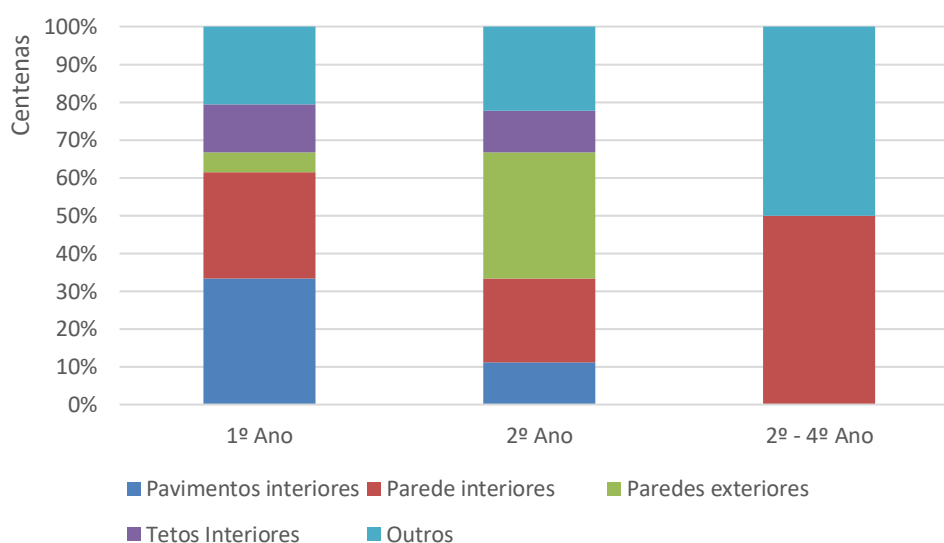


Figura 136 - Data de aparecimento das anomalias em função dos elementos fonte de manutenção

Das figuras 135 e 136, observa-se que, no primeiro ano, os problemas ocorrem sobretudo em pavimentos e paredes interiores. Durante o segundo ano, os problemas ocorrem sobretudo em paredes interiores e exteriores e noutro tipo de elementos. Após os 2 anos de utilização, paredes interiores e outros elementos são os mais afetados.

De cada uma das patologias identificadas importa conhecer que tipo de elementos afetam, informação essa que se encontra patente na figura 137 e se apresenta de seguida:

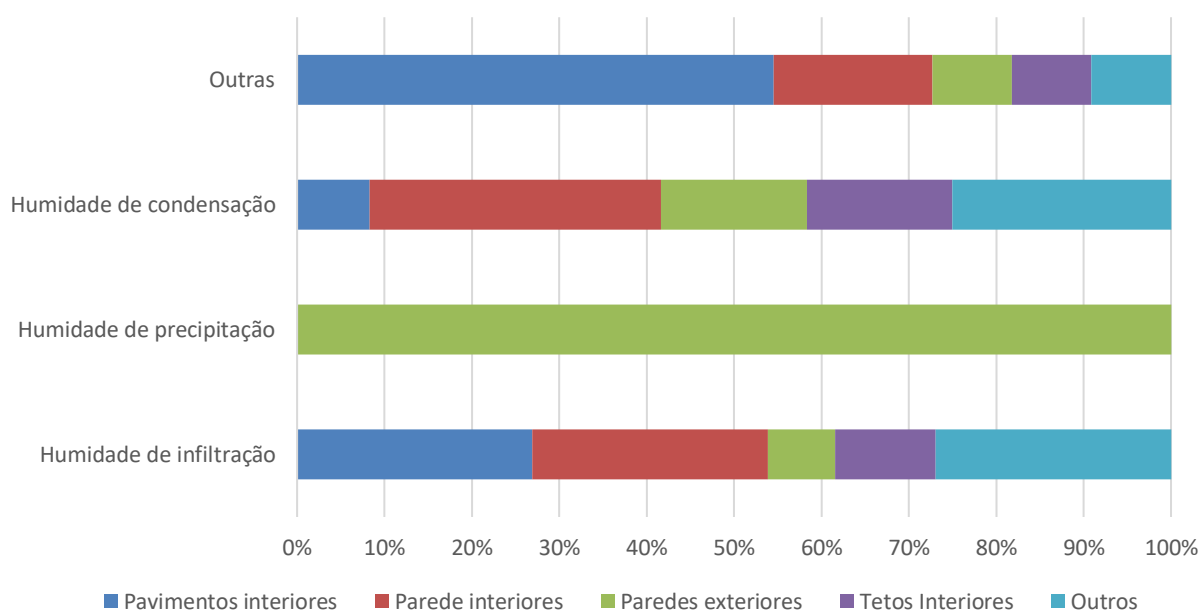


Figura 137 - Principais patologias em função dos elementos fonte de manutenção

Verifica-se que os problemas relacionados com humidades de infiltração ocorrem sobretudo em pavimentos interiores, paredes interiores ou outro tipo de elementos, normalmente devido à dificuldade em assegurar a estanquidade à água. Humidades de condensação ocorrem sobretudo em paredes interiores. De outras anomalias, destacam-se o grande número de problemas que afetam pavimentos através de outros problemas que não humidades.

De forma idêntica, interessa saber que patologias ocorrem nos principais elementos identificados.

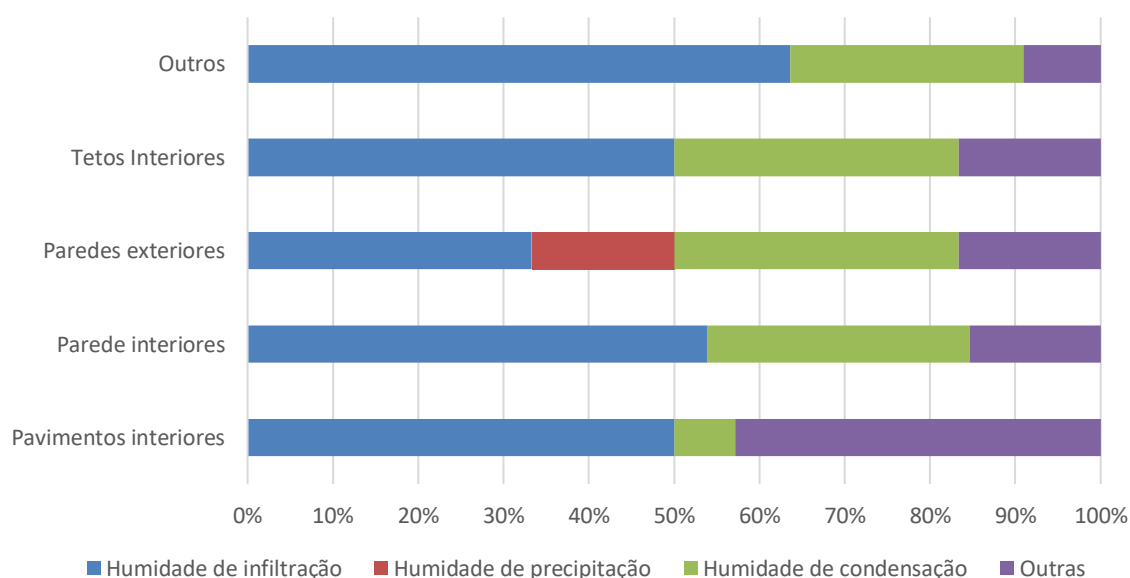


Figura 138 - Elementos fonte de manutenção em função das principais patologias identificas

Como se demonstra na figura 138, em pavimentos interiores, os problemas ocorrem devido a humidades de infiltração ou outro tipo como, por exemplo, degradação das juntas, ondulação e empeno do pavimento devido a má execução ou outros pontuais. As humidades de infiltração são a principal causa de degradação dos elementos. Em paredes exteriores e tetos interiores denota-se ainda o grande número de problemas relacionados com humidade de condensação.

Com a finalidade de perceber qual o impacto económico por intervenção dos erros de construção, de projeto e de utilização, assim como dos problemas que ocorrem nos diferentes elementos e das patologias identificadas, procedeu-se à análise que consta nas figuras 139, 140 e 141.

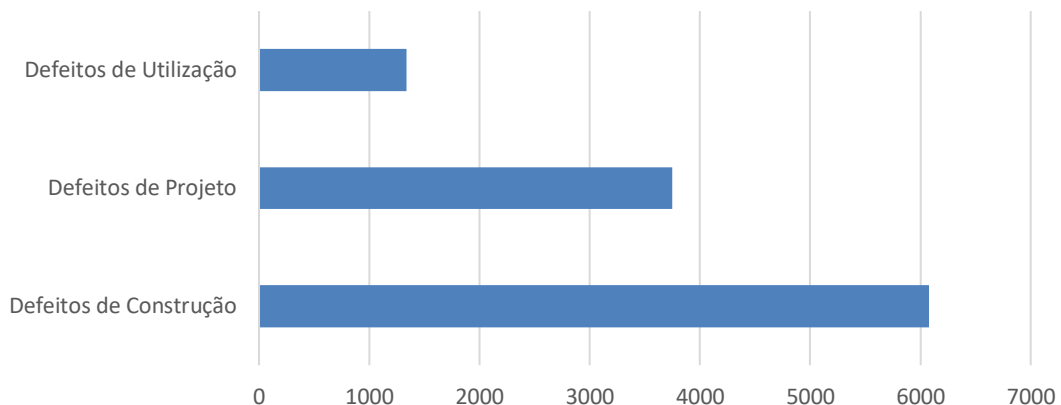


Figura 139 - Custo por intervenção em função da origem das anomalias

Da figura 139, conclui-se que os defeitos de construção custaram cerca de 6000 euros por intervenção, correspondendo aos defeitos que mais custos acarretam por intervenção. Os erros de projeto custam cerca de 3700 euros por intervenção e, por último, os erros de utilização tiveram um custo por intervenção de cerca de 1300 euros.

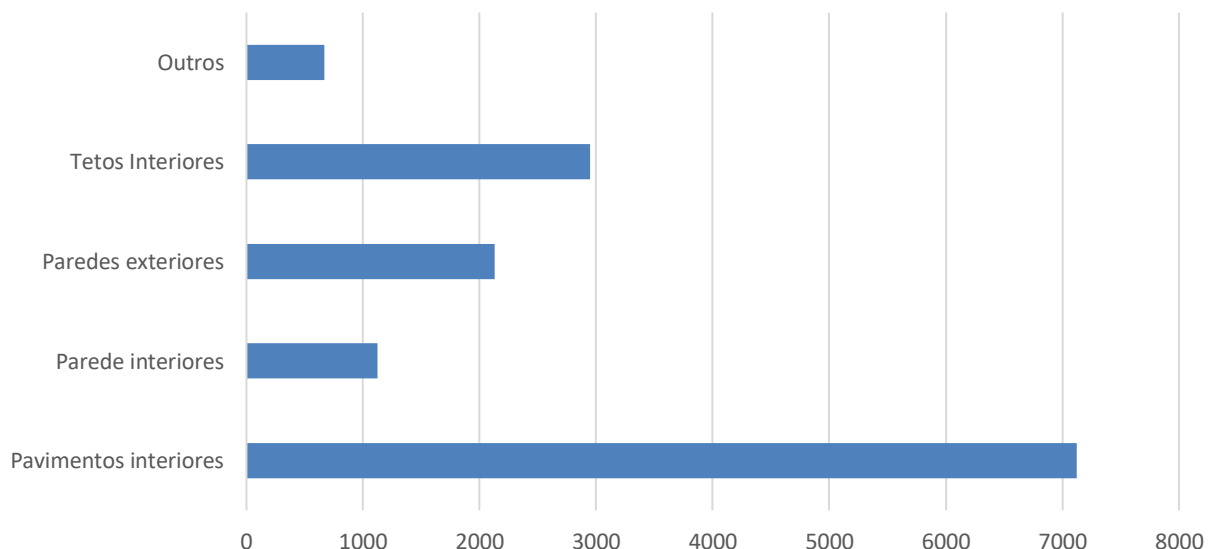


Figura 140 - Custos por intervenção em função dos elementos fonte de manutenção

Da figura 140, constata-se que os elementos fonte de manutenção com maior custo por intervenção são os pavimentos interiores, que acarretam cerca de 7100 euros por intervenção, mais do dobro do que os custos por intervenção em tetos interiores, mais do triplo do que os custos por intervenção em paredes exteriores e 6 vezes mais do que em paredes interiores. O segundo elemento que mais custos representa por intervenção são os tetos interiores, representando cerca de 3000 euros por intervenção.

Pela figura 141, verifica-se que os custos por intervenção em problemas relacionados com humidade de infiltração são da ordem dos 6000 euros. Para além disso, destaca-se que os problemas em pavimentos provocados por outro tipo de causas representam, também, cerca de 6000 euros por intervenção.

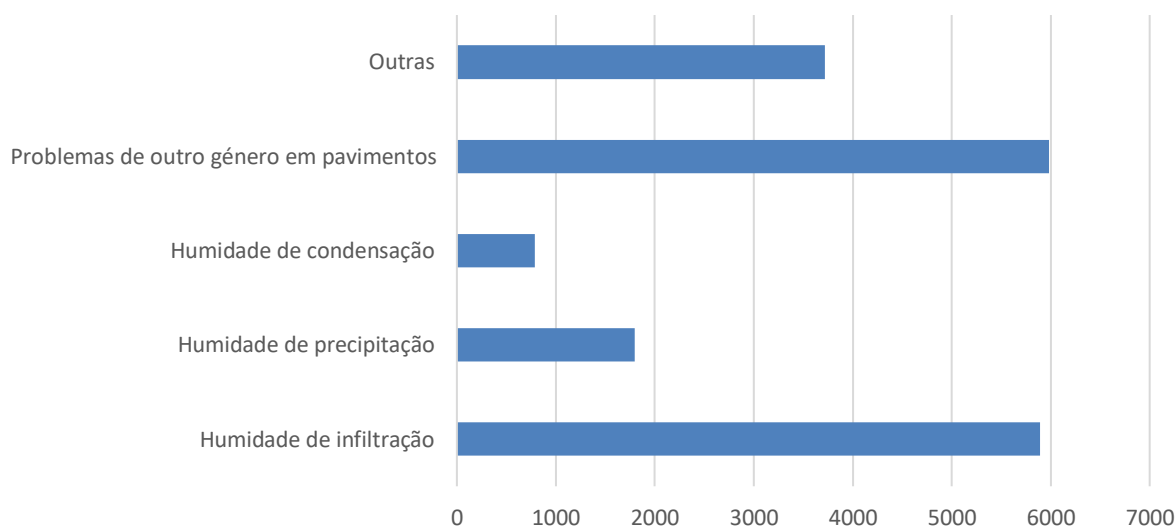


Figura 141 - Custos por intervenção em função das principais patologias

De modo a identificar alguma tendência no que diz respeito aos custos por intervenção em função da data de aparecimento das anomalias, realizou-se a análise que se encontra na figura 142:

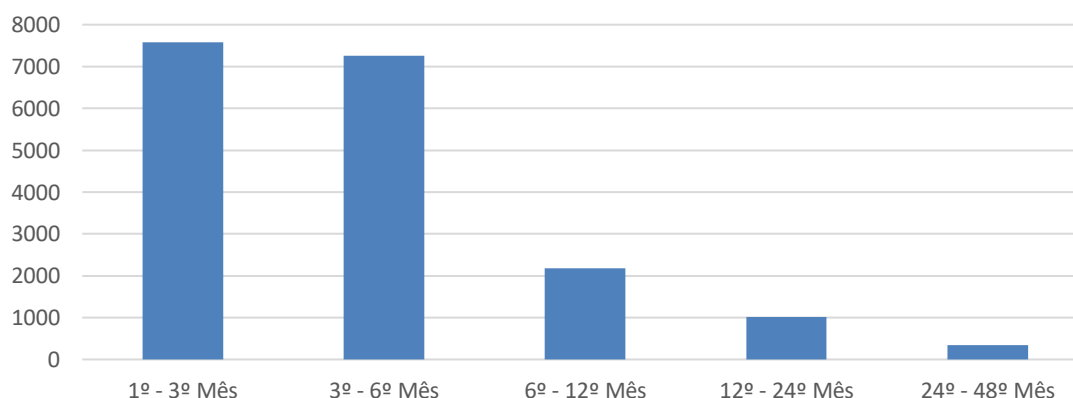


Figura 142 - Custo por intervenção em função da data de aparecimento da anomalia

Verifica-se que o aparecimento de anomalias nos primeiros 6 meses tem um custo de cerca de 7500 euros por intervenção. A partir desta data, o custo por intervenção tende a decrescer, como se faz notar na figura 142.



A identificação dos defeitos passa pela observação de um conjunto de manifestações patológicas. De acordo com a figura 143, realça-se que o aparecimento de manchas escuras em paredes é o tipo de manifestação mais frequente. Aliás, o aparecimento de manchas escuras é mesmo a principal manifestação patológica, que ocorre, em paredes, pavimentos, tetos e vãos exteriores, sobretudo devido a problemas de humidade. Problemas devido ao levantamento e ondulação do pavimento, retenção de águas, fissuras e destruição do revestimento são também das principais manifestações identificadas.

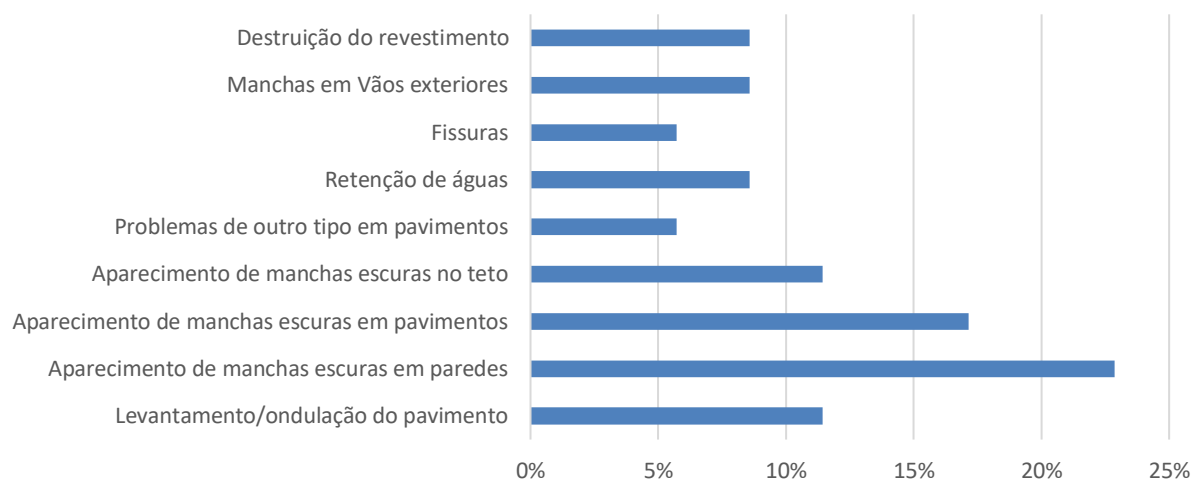


Figura 143 - Principais manifestações patológicas identificadas

Após a realização do diagnóstico das patologias, é fundamental compreender que intervenções se devem realizar para resolver os problemas. Na figura 144, enumeram-se as intervenções de reparação realizadas nos diferentes casos estudados.

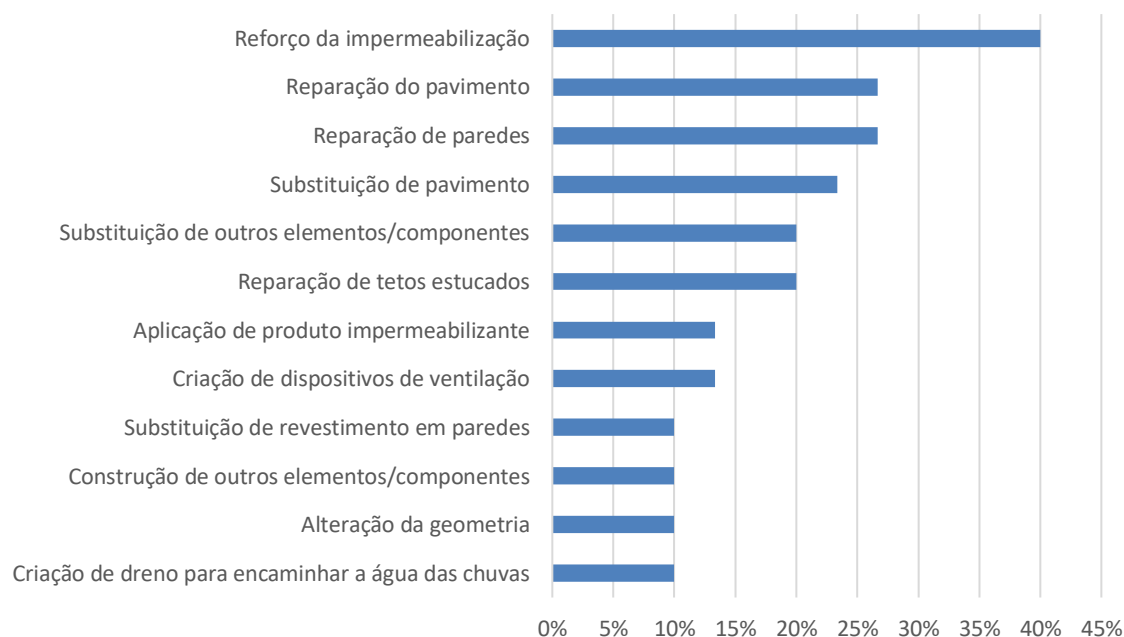


Figura 144 – Intervenções de reparação realizadas em função das anomalias identificadas

Pela figura 144, destaca-se que em cerca de 40% das anomalias identificadas se reforçou a impermeabilização de forma a resolver totalmente os problemas. Daqui demonstra-se a importância que a existência de impermeabilização e a sua boa execução têm no bom funcionamento dos edifícios. Dos tipos de intervenção identificados, realça-se a frequência com que se reparam pavimentos e paredes. A substituição de pavimentos é também uma das intervenções mais frequentes, seguida da substituição de outro tipo de elementos como portas interiores, tubos de abastecimento, soleiras, entre outros. Destaca-se, também, a reparação de tetos estucados, a aplicação de produtos impermeabilizantes e a criação de dispositivos de ventilação em praticamente 15% das anomalias identificadas. A substituição do revestimento em paredes, nomeadamente azulejos, a construção de outros elementos como pingadeiras, a alteração da geometria prevista em projeto e a criação de drenos para encaminhar a água das chuvas finalizam as principais intervenções levadas a cabo.

#### 4.2.10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A extrapolação de qualquer das considerações feitas deve ter em conta a amostra em estudo, a dimensão da empresa e das obras em causa. Há que ter em conta que as obras em estudo dizem respeito à atividade de uma empresa de construção de pequena dimensão, cujo modelo de negócio assenta na atividade de promotores privados, concorrendo a obras, normalmente, por convite. Assim sendo, torna-se interessante perceber que o empreiteiro em muitas situações tenha suportado os custos, sem levantar grandes problemas, até mesmo em situações pontuais onde não teve responsabilidade. Uma vez que é uma empresa que concorre a obras por convite e a proximidade com cliente é maior, a confiança incutida e alguma sensibilidade e empatia com o dono de obra são fatores que fazem a diferença numa possibilidade futura de voltar a trabalhar com o cliente ou com outros novos clientes a quem possa ser recomendada a empresa em particular.

Quando ocorre um problema, e perante a expectativa do dono de obra em resolvê-lo, o empreiteiro poderá inicialmente recusar-se a suportar os custos, poderá entrar em divergência com subempreiteiros, que muitas vezes também se recusam a assumir responsabilidades, e a demora em resolver as anomalias identificadas poderá causar um grande desconforto no cliente. Daí que, muitas vezes, o empreiteiro acaba mesmo por assumir a responsabilidade e agir prontamente, por questão de consideração, confiança com o cliente e tendo sempre em mente qualquer interesse comercial futuro. Aliás, verificou-se que das obras em causa, muitas vezes, a empresa de construção tinha já construído anteriormente para o mesmo cliente, ou construiu para alguém a quem foi indicado por outro cliente este empreiteiro. Para além disso, foi também possível identificar em vários casos que os clientes, anos mais tarde da execução das obras aqui em análise, voltaram a contactar a empresa para outros trabalhos.

Também, verificou-se que, em algumas ocasiões em que o empreiteiro foi chamado para prestar assistência, mesmo não tendo responsabilidade e o custo ter sido suportado pelo dono de obra, a empresa executou os trabalhos não debitando o custo com a margem de lucro que seria normal, ou executou os trabalhos apesar de não serem intervenções propriamente lucrativas.

Em suma, a descrição feita anteriormente serve para enquadrar a realidade da empresa e o tipo de negócio em que está assente para se perceber que a prestação de assistência em prazo de garantia e a realização de intervenções e o suporte dos seus custos poderá ser influenciado por este tipo de questões, sendo neste caso de notar que a atitude do empreiteiro neste tipo de casos se baseia, por vezes, num certo sentimento de confiança, consideração e empatia com o cliente, dada a sua proximidade, seja ela pessoal ou meramente comercial. Esta forma de estar do empreiteiro acaba por ser um fator diferenciador, num mercado privado, onde a obtenção de obras é feita por convite e, muitas vezes, o contacto com o cliente e toda uma rede de outros contactos que daí possa advir é fundamental.

# 5

## SÍNTESE E CONCLUSÕES

### 5.1. INTRODUÇÃO

Ao longo da presente dissertação foram já expostas as principais conclusões de acordo com as temáticas em desenvolvimento, pelo que neste capítulo final pretende-se fazer uma síntese dos pontos mais relevantes e apresentar as principais linhas orientadoras para investigações futuras. Assim sendo, partindo do estudo em particular, espera-se que seja formada uma visão mais abrangente e generalizada da situação em causa.

### 5.2. SÍNTESE DE CONCLUSÕES

A arte de manter um edifício, tal como evidenciado por Rui Calejo, é uma característica que o ser humano desenvolveu de forma inata. Com o novo sentido de consciência e responsabilidade adquiridos por consequência da revolução industrial, começaram a surgir de forma mais precisa os léxicos da manutenção e gestão, que com a evolução natural dos tempos foi dando origem às próprias áreas da manutenção, conservação e gestão de edifícios.

Estará provado que existem inúmeras e grandes diferenças de desenvolvimento entre o setor da construção e as restantes indústrias, sendo aliás recorrente a adoção de terminologia e procedimentos de outras indústrias no setor da construção. É certo, também, que a indústria da construção deve seguir a tendência e tem um grande caminho pela frente para atingir os mesmos níveis de desenvolvimento.

À parte essa avaliação das diferentes áreas da economia, poderá dizer-se que o fenómeno da manutenção é transversal a todas elas. A definição das exigências de funcionamento de um determinado bem ou equipamento, as preocupações constantes com a otimização do seu conserto, a criação dos princípios de prevenção de falhas e a lógica assente na avaliação do custo/benefício, fazem parte do desenvolvimento e das coisas mais elementares da vida quotidiana. Acima de tudo, o que se pretende é trazer cada vez mais essa lógica para a indústria da construção e aplicá-la aos edifícios em serviço.

Parte deste desenvolvimento deve-se, aliás, à necessidade que as empresas de cada setor sentem, às novas perspetivas de organização que se impõe de forma a ser possível atuar da melhor forma face às dificuldades e aprender com elas.

A investigação levada a cabo tem precisamente o objetivo de contribuir de forma positiva para a evolução do setor, propondo mecanismos eficientes de análise de anomalias, de edifícios em serviço, e seus custos. Do trabalho elaborado compreende-se que é fundamental aglutinar toda a informação disponível para que no futuro se possam tomar as melhores decisões, tendo por base a realidade passada.

O estudo desta vertente da manutenção de edifícios deve ter presente a existência de condicionalismos próprios que, por vezes, impossibilitam a organização de toda a informação pretendida. É notória a necessidade de se aprofundar ainda mais determinada terminologia teórica e técnica, de modo a ser transportada de forma mais completa no auxílio dos procedimentos práticos.

O desempenho/degradação de edifícios, nomeadamente a degradação precoce inserida na temática da manutenção de edifícios, apesar de ser uma área cujos estudos são ainda muito remotos, tem espaço para crescer, tendo potencial para ganhar muito mais dimensão em Portugal.

Perceber como se degradam os edifícios, quais as principais manifestações patológicas e as suas causas, as intervenções que devem ser realizadas para solucionar os problemas e a análise dos seus custos, é acima de tudo um contributo extraordinário para apoiar todos os profissionais da área, prestar um melhor serviço a todos os portugueses que todos os dias usufruem de um sem número de edifícios e, por último, para o desenvolvimento do país. Ao mesmo tempo, compreendendo os fenómenos de desempenho e degradação dos edifícios é possível agir da melhor forma, criar novas formas de pensar sobre os edifícios a construir, podendo ser um motor importante para aumentar a confiança em relação ao setor da construção, assim como a confiança entre parceiros e intervenientes da área. O fim de tudo isto fica obviamente, evidenciado pela melhoria do desempenho dos edifícios e, consequentemente, pelo aumento da qualidade de vida das pessoas.

O estudo da degradação precoce de edifícios, dos requisitos de desempenho e a capacidade destes em dar resposta a essas mesmas exigências, baseado em casos reais, tem como principal objetivo criar uma metodologia de análise sistemática.

Como abordado, a fase de utilização de um edifício é influenciada pelas etapas anteriores do processo do empreendimento. Nota-se que os aspetos técnicos impostos na fase de projeto e a implementação das tecnologias construtivas assumem um papel fundamental no desempenho e utilização de um edifício.

Verifica-se que, logo após a sua entrada em funcionamento, um edifício tem tendência para apresentar mecanismos de degradação, visíveis através da sua resposta a estímulos disfuncionais e do aparecimento de manifestações patológicas durante a sua vida útil, que mais não são do que a consequência de um ciclo de causa-efeito. A análise da evolução do índice de qualidade ao longo do tempo torna possível averiguar de que forma e em que grau de grandeza se degradam os edifícios.

Ao mesmo tempo, ao averiguar os fatores de degradação, evidencia-se uma interdependência entre diferentes subsistemas ou elementos, confirmando ainda mais a importância da lógica existente na conceção de um edifício enquanto sistema e da necessidade de agrupar as diferentes partes de um edifício em elementos fonte de manutenção.

Da análise ao banco de dados em estudo evidencia-se o seguinte:

- Os erros de construção e projeto ocorrem com frequência, representando, respetivamente, custos avultados na ordem dos 60% e 35% do total dos custos dos trabalhos de reparação;
- Os elementos fonte de manutenção que estão na origem ou são afetados pelas anomalias são, por norma, os pavimentos, paredes interiores e exteriores e tetos interiores;
- Dos custos de intervenção, destaca-se o grande volume gasto em pavimentos, muitas vezes devido à substituição de soalhos em madeira;
- Os problemas relacionados com humidades têm um grande peso, destacando-se as anomalias por humidade de infiltração;
- O aparecimento de manchas escuras em pavimentos, paredes e tetos, assim como o levantamento/ondulação do pavimento são as manifestações patológicas mais frequentes;

- No que diz respeito às intervenções de manutenção realizadas, o reforço de impermeabilização, a reparação ou substituição de pavimentos e a reparação de paredes e tetos interiores, que inclui a execução de rebocos e repinturas, foram as principais formas de intervenção identificadas;
- A maioria das anomalias ocorre praticamente logo a seguir à sua entrada em serviço, destacando-se que no primeiro mês ocorrem a maioria das anomalias, e é nessa altura que os custos das intervenções apresentam valores superiores;
- Decaimento inicial do número de urgências após os primeiros 3 meses;
- A degradação dos edifícios parece estar em consonância com o modelo chamado curva da banheira, ou seja, uma tendência forte para o aparecimento de patologias de juventude;
- Por obra, o custo das anomalias parece representar entre 0,5% e 2% do valor total orçamentado.

Assim sendo, conclui-se que a degradação precoce de edifícios é uma realidade, verificando-se que, logo no primeiro ano de utilização, há uma forte tendência para o aparecimento de patologias de juventude que provocam uma descida acentuada do desempenho dos edifícios.

Ao longo desta dissertação procurou-se fazer uma síntese das sensibilidades dos diferentes autores sobre a degradação de edifícios e concluiu-se que não há uma opinião unânime sobre a temática. Após a exploração e análise de um banco de dados, compreende-se, que no universo da amostra em estudo, os modelos “nível de qualidade-tempo” que mais se adequam à realidade são aqueles que contemplam a existência de um decréscimo acentuado do nível de qualidade no início de utilização, devido à forte probabilidade de ocorrerem anomalias, por norma associadas a erros de projeto e de construção.

Dessa forma, de todos os modelos apresentados, compreende-se que os que se enquadram melhor à realidade dos edifícios são o chamado de “curva da banheira” e o modelo padrão em “S” que perspetivam um decaimento inicial do nível de qualidade. Os modelos em questão apresentam-se na figura 145:

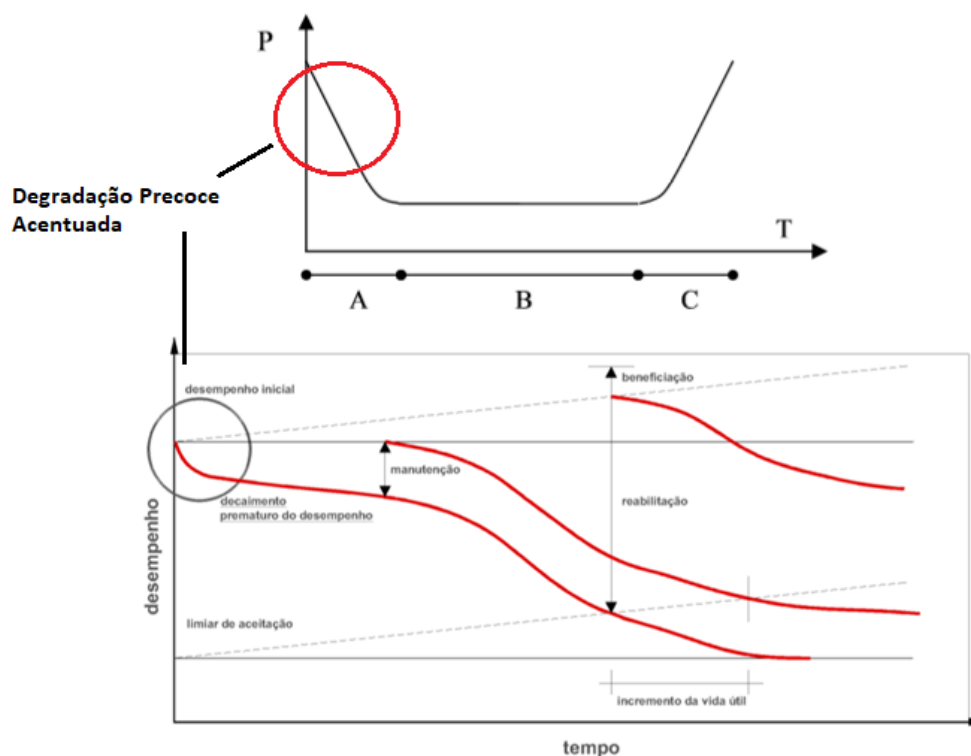


Figura 145 - Modelos de degradação precoce

Evidentemente, que todas estas conclusões, apenas, podem ser inferidas para os casos em estudo, não sendo totalmente correto extrapolar esta realidade para a generalidade do setor. Ainda assim, no que concerne à atividade da empresa de construção em questão poderá dizer-se que é fundamental haver um controlo de qualidade mais focado nas atividades que originaram defeitos e o estudo em causa poderá permitir que se perceba quais as principais atividades críticas, quais os problemas mais comuns e perceber de que forma podem atuar com mais eficácia. Porventura, poderá pensar-se em criar um programa de formação em atividades onde os trabalhadores revelaram mais falhas, como por exemplo na execução de pavimentos, impermeabilizações, rebocos, etc, e em obra sensibilizar os trabalhadores, encarregado geral e diretor de obra para alguns dos aspetos identificados.

Em termos gerais, entende-se que mais do que analisar resultados numa amostra de pequena dimensão, é importante reter, sobretudo, o método utilizado.

### **5.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

A exploração de um banco de dados do tipo da que foi tratada ao longo desta dissertação permite quase uma investigação inesgotável nas mais diversas temáticas da manutenção de edifícios. A grande dificuldade parece passar mesmo por conseguir obter a informação junto de diversas entidades, já que, muitas vezes a informação não está devidamente organizada e, por vezes, ou se encontra dispersa e perdida ou é mesmo inexistente.

Apesar disso, e tendo em conta que existirão motivos de várias ordens para desenvolvimentos futuros, propõe-se algumas iniciativas que se compreende serem interessantes.

Como já referido, o primeiro grande desafio, tendo em conta a temática em estudo, é a definição de um sistema de informação sobre a manutenção de edifícios. O sistema mencionado deveria reunir em si todas as informações, como por exemplo as que se reuniram ao longo deste trabalho, de modo a ser possível armazenar informação para consulta posterior, analisar em termos de estatística o trabalho desenvolvido pelos empreiteiros e aprender com as dificuldades sentidas de modo a no futuro ser possível dar uma resposta mais positiva, de forma rápida e eficiente. Dessa forma, seria importante que empresas ligadas à área da construção criassem uma base de dados como a que foi realizada, identificando as anomalias ocorridas em determinada obra, as suas causas, as intervenções que foram necessárias realizar e os seus custos. A organização desta informação deveria ter como objetivo o estudo de fatores técnicos e económicos, deveria ser de utilização fácil e intuitiva, contendo informação relevante e facilmente consultada, e composta de forma a automatizar a entrada de informação.

Dessa forma, podendo utilizar o método proposto nesta dissertação em que se transpõe a informação organizada em “excel” para o “word”, através da ferramenta “merge”, seria possível a criação de fichas tipo de anomalias e intervenções, base de dados que pelos motivos já referidos poderia acrescentar valor à atividade das empresas que o fizessem.

Através destas ferramentas informáticas, é possível automatizar a informação e criar fichas tipo de anomalias e intervenções. Evidentemente, que depois de dar os primeiros passos nesse sentido, se poderá pensar na criação de programas e ferramentas com uma interface mais atrativa e agradável para que todos possam colocar os dados de forma fácil e intuitiva e desenvolver os algoritmos.

Ainda falando no universo das empresas, à informação que consta das fichas tipo propostas poderia ser possível adicionar informações como o nome do trabalhador que realizou a tarefa ou o nome do subempreiteiro, de modo a analisar a eficácia das ações levadas a cabo pelos diferentes intervenientes. Seria, assim, possível uma empresa identificar quais os subempreiteiros ou trabalhadores que mais têm dado problemas por não executarem os trabalhos de forma correta. Por um lado, no caso de se tratar de

subempreiteiros, poderia concluir-se, por exemplo, que seria mais vantajoso contratar outra empresa para realizar as tarefas. Por outro lado, no caso de se tratar de trabalhadores da empresa em questão, poderia pensar-se em criar programas de formação para os trabalhadores nas tarefas mais críticas e que mais deram problemas. Porventura, poderia até criar-se um mecanismo que recompensasse mais os trabalhadores com melhor desempenho ou pensar em criar um departamento dentro da empresa, caso fosse sustentável, que analisasse a prestação de serviços em prazo de garantia, de forma a diminuir a ocorrência de erros e a perda de dinheiro da parte do empreiteiro.

Por outro lado, compreende-se que a criação de uma entidade pública, ou transferência de competências para alguma já existente, sobre a supervisão das atividades de manutenção poderia contribuir imenso para um enquadramento consistente da preservação do património edificado nacional. Essa instituição, tal como a agência AQC de França, deveria realizar relatórios onde se reunisse toda a informação sobre anomalias identificadas em todos os edifícios em prazo de garantia, os elementos fonte de manutenção mais solicitados, as intervenções que foram necessárias realizar e os respetivos custos. A partir daqui, seria possível elaborar, para todos os edifícios do país em prazo de garantia, a análise que se realizou nesta dissertação e seria possível criar uma análise benchmarking para avaliar o desempenho do setor. Desta forma, seria possível identificar as dificuldades sentidas e, no futuro, melhorar o desempenho das empresas e acrescentar valor ao setor.

Para além disso, a entidade pública proposta deveria assumir como função a recolha e tratamento de outro tipo de informação sobre manutenção, assim como incentivar a investigação nesta área e desempenhar um papel de liderança no que diz respeito à criação de programas de apoio à manutenção.

Toda a informação que, por não existir e por ser de grande importância, deveria ser recolhida e tratada, deveria ter como base a visão sistémica de um edifício e a definição dos conceitos de desempenho e exigências de desempenho de forma a ser possível avaliar da melhor forma possível o comportamento e degradação dos edifícios. Dessa forma, faz-se uma listagem dos principais aspetos a definir e ter em conta:

- Definição dos requisitos de desempenho que permitam caracterizar os edifícios;
- Definição da vida útil dos edifícios e seus elementos;
- Definição de elementos fonte de manutenção, partindo da visão sistémica de um edifício;
- Estudo dos mecanismos de degradação dos edifícios e seus elementos;
- Simulação do comportamento de um edifício e seus elementos ao longo da sua vida útil;

O estudo dos pontos referidos representa, por si só, um forte argumento para a necessidade de estabelecer uma agência nacional que defina estes enquadramentos, de forma a apoiar o trabalho de todos os profissionais da área.

A partir da recolha da informação, o tratamento de dados é praticamente uma fonte inesgotável de conhecimento. Seria possível perceber quais as anomalias mais frequentes e mais gravosas em termos de custos, quais os elementos fonte de manutenção mais afetados, quais as intervenções realizadas e quais as que, porventura, possam ser as mais eficazes. Para além disso, poderia ser possível extrapolar outro tipo de informação como:

- O tipo de políticas de manutenção que se devem adotar à escala nacional;
- A avaliação de diferentes soluções construtivas em função da respetiva utilização;
- Criação de meios uniformes de registo para assegurar o tratamento da informação numa base referenciada à utilização;

Particularmente no que diz respeito apenas à criação de meios de registo, reconhece-se uma clara necessidade de criar toda a estrutura de recolha de informação de edifícios em serviço para suportar a

investigação e apoiar projetistas e construtores nas suas tarefas de escolha das melhores soluções para a construção. Uma vez que existe ainda uma relativa resistência por parte do setor em facultar tais dados, e que o interessante, perante o que aqui se propõe, seria garantir uma grande representatividade dos dados, é fundamental garantir um grande número de adesões a este novo “sistema” que se considera útil implementar. Isso poderia ser concretizável segundo duas opções. A primeira, que poderá não ser a melhor forma de encarar o problema, seria o governo criar um regime de obrigatoriedade com imposições legais, obrigando todas as empresas a ceder tais dados. A segunda opção seria por meio de políticas fiscais, onde se inserem um conjunto alargado de possibilidades, nomeadamente a redução da carga fiscal para as empresas que, por livre vontade, aderissem ao sistema e disponibilizassem esses dados.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Calejo, R. *Manutenção de Edifícios: Análise e Exploração de um Banco de Dados sobre um Parque Habitacional*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1989.
- [2] Decreto-Lei n.º 18/2008. *Código dos Contratos Públicos*. Diário da República n.º 20/2008, Série I de 2008-01-29.
- [3] Decreto-Lei n.º 47344. *Código Civil*. Diário do Governo n.º 274/1966, Série I de 1966-11-25.
- [4] Faria, J. *Divisórias leves prefabricadas : concepção e avaliação da viabilidade de um sistema realizado com base em madeira e derivados*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1996.
- [5] ISO 19208:2016. *Framework for specifying performance in buildings*, ISSO, Génova, 2016.
- [6] Rush, R. *Building systems integration handbook*. Architects International Association (AIA), John Wiley and sons, Nova Iorque, 1986.
- [7] Syndicat d'Études Interindustries – Construction (IC – IB); Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC); Bureau de contrôle pour la sécurité de la Construction (SECO). *Guides des performances du Bâtiment*, Vol 1. Bruxelas, 1980.
- [8] Relatório 64 CIB. *Working with the Performance Approach in Building*. International Council for Building Studies and Documentation, CIB, Roterdão, Holanda, 1982.
- [9] Gomes, R. *Necessidades humanas e exigências funcionais da habitação*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1978.
- [10] Jarkko, L., Pekka, H., Stephen, F., Phillip, P. *Seeking value with the performance approach*.
- [11] Bjorneboe, J. *Functional analysis of user requirements*. Performance concept in building, 3rd ASTM/CIB/RILEM Symposium. Advances in the development of the concept and its application in rehabilitation. 1982, Lisboa.
- [12] Foliente, G., Leicest, R., Pham, L. *Development of the CIB Proactive Program on Performance Based Building Codes and Standards*, Relatório CIB, Austrália, 1998.
- [13] Foliente, G. *Developments in performance-based building codes and standards*. Forest Products Journal, 12-21, 2000.
- [14] Foliente, G., Leicester, R., Pham, L. *CONCEPTS FOR PERFORMANCE-BASED TIMBER BUILDING CODES AND STANDARDS*, Austrália, 2019.
- [15] Sexton, M., Barrett, P. *Performance-Based Building and Innovation: Balancing Client and Industry Needs*. Building Research and Information, 2005.
- [16] Hendricks, L. *Quality and economy - A performance-based approach to real estate and real estate portfolios*. Government Buildings Agency, The Hague, Holanda, 1998.
- [17] REGULAMENTO (UE) No 305/2011 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. Jornal oficial da União Europeia, 2011.
- [18] Lopes, T. *Fenómenos de pré-patologia em manutenção de edifícios: aplicação ao revestimento ETICS*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2005
- [19] Relatório 155 CIB: *BUILDING PATHOLOGY A STATE-OF-THE-ART REPORT*, Roterdão, Holanda, 1993.

- [20] Portaria n.º 701-H/2008. Diário do Governo: 2.ª série, n.º 35
- [21] Gaspar, Pedro., Brito, J. *O Ciclo de Vida das Construções*. Arquitectura & Vida. 2003, 98-103, Lisboa.
- [22] Brand, S. *How Buildings Learn - What Happens after They're Built*, Orion Books, Londres, 1997.
- [23] Gaspar, P., Brito, J. *O Ciclo de Vida das Construções IV - Vida Útil Económica*. Arquitectura & Vida. 2004, 70-75, Lisboa.
- [24] Gaspar, P., Santos, A. *Patologias em Construções Recentes - Estudo de Casos*. 1º PATORREB, 2003, 389-398, Porto.
- [25] Gaspar, P., Santos, A. *Custo das Anomalias ao longo da Vida de uma Construção – Estudo de Caso*. 2º Simpósio Internacional sobre Patologia, Durabilidade e Reabilitação dos Edifícios, CIB/LNEC, 2003, Lisboa.
- [26] Moss, W. *Service Life Performance Audit: Meeting Client Requirements for Durable Buildings*. 8CDBMC, 1999, 1552-1559, Vancouver.
- [27] Norma Portuguesa NP EN 13306. *Terminologia da manutenção*. Instituto Português da Qualidade, 2007
- [28] ISO 15686-1. *Buildings and constructed assets – Service life planning. Part 2: General principles and framework*. ISO, Génova, 2011.
- [29] Ang, G., Wyatt, D. *Performance Concept in Procurement of Durability and Serviceability of Buildings*. 8th Int. Conference on Durability of Building Materials & Components, Vol. I, 1999, 1821-1832, Vancouver.
- [30] Davies, G., Szigeti, F. *Are Facilities Measuring Up? Matching Building Capacities to Functional Needs*. 8th Int. Conference on Durability of Building Materials & Components, 1999, 1856-1866, Vancouver.
- [31] Gaspar, P. *Para a Compreensão da Flexibilidade*. Trabalho de Síntese, FA-U.T.L., 2000.
- [32] Andersen, T., Brandt, E. *The Use of Performance and Durability Data in Assessment of Life Time Serviceability*. 8th Int. Conference on Durability of Building Materials and Components - Service Life and Asset Management, Vol. I, 1999, Vancouver.
- [33] Flores, I. *Estratégias de Manutenção: elementos da envolvente de edifícios correntes*. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico, 2002.
- [34] Aikivuori, M. *Critical Loss of Performance - What Fails Before Durability*. 8th Int. Conference on Durability of Building Materials & Components, 1999, 1369-1376, Vancouver.
- [35] Gaspar, P., Brito, J. *O Ciclo de Vida das Construções II - Vida Útil Funcional*. Arquitectura & Vida. 2003, 74-78, Lisboa.
- [36] Shohet, I., Paciuk, M. *Service life prediction of exterior cladding components under failure conditions*. Construction Management and Economics, 2006.
- [37] Shohet, I., Paciuk, M. *Service life prediction of exterior cladding components under standard conditions*. Construction Management and Economics, 2004
- [38] Mark, A., Hans, B. *Durability, service life prediction, and modelling for reinforced concrete structures – review and critique*. Cement and Concrete Research, Volume 122, 17-29, 2019.

- [39] Abrantes, V. 1º Encontro nacional sobre patologia e reabilitação de edifícios. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2003.
- [40] CIB Publication 393. *A State-of-the-Art Report on Building Pathology*. CIB, edited by Vasco Freitas, 2013.
- [41] Kazaz, A., Talat, B., Ulubeyli, S. *Cost-based analysis of quality in developing countries: a case study of building projects*. Building and Environment, Volume 40, Issue 10, 1356-1365, 2005.
- [42] Brown, F., Kane, R. *Quality cost and profit performance*. Campanella J, editor. Quality costs: ideas and applications. Milwaukee, 1984.
- [43] Gaspar, P. *Metodologia para o calculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2002.
- [44] Gaspar, P., Brito, J. *Tipos de Vida Útil das Construções*. 3º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, Patorreb, 2009, FEUP, Porto, Portugal.
- [45] Jernberg, P. *Overview and notional concepts on performance and service life*. 8DBMC, 1999, 1417-1425, Ottawa.
- [46] Flores, I., Brito, J. *A systematic approach for maintenance budgeting of buildings façades based on predictive and preventive strategies*. Construction and Building Materials, Volume 24, Issue 9, 1718-1729, 2010.
- [47] Moser, K. *Towards the practical evaluation of service life – illustrative application of the probabilistic approach*. Lacasse MA, Vanier DJ, editors. Proceedings of 8 DBMC – 8th international conference on durability of building materials and components. 1999, 1319-1321, Institute for Research in Construction, Ottawa.
- [48] Fujimoto, Y. *A study of tenant's responsibilities on the maintenance and renewal in public apartment houses*. Japão, 1983
- [49] Branco, F., Brito, J., Ferreira, J., Correia, J. *Peritagem às anomalias construtivas da Escola Secundária Dr. Azevedo Neves*. Relatório ICIST, Lisboa, 2008.
- [50] Silva, S. *A gestão da actividade de manutenção em edifícios públicos - Modelo e definição de estratégias para uma intervenção sustentável*. Dissertação de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, 2011.
- [51] Ordem dos Arquitetos Secção Regional Sul. *Manutenção e Conservação do Edificado*. Lisboa, 2016.
- [52] Flores, I., Madureira, S., Morgado, J., Brito, J. *Planos de Manutenção Pró-Activa da Envolvente de Edifícios*. XIII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción / XV Congreso de Control de Calidad en la Construcción, 2015, Lisboa.
- [53] Shohet, M., Puterman, M., Gilboa, E. *Deterioration patterns of building cladding components for maintenance management*, Construction Management & Economics, 2002.
- [54] Shohet, M. *Deterioration patterns for maintenance management: a methodological approach*. 8thDBMC – International Conference on Durability of Building materials and components. 1999, Vancouver.
- [55] Gomes, J. *Metodologia para a manutenção e exploração de edifícios: aplicação a um caso concreto*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 1992.

- [56] Moubray, J. *Reliability-Centred Maintenance*. 2nd edn, Butterworth–Heinemann, Oxford, MA, 1997.
- [57] Cabral, J. *Organização e gestão da manutenção: dos conceitos à prática*. LIDEL, 1998.
- [58] Rathod, V., Yadav, P., Rathore, A., Jain, R. *Reliability-Based Design Optimization Considering Probabilistic Degradation Behavior*. Quality and Reliability Engineering International, 2012.
- [59] Gomes, J. *Avaliação do desempenho de edifícios segundo a norma NBR 15575 : adaptação ao caso de edifício reabilitado*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2015.
- [60] Shaomin, W., Derek, C., Vic, F., Albany, B., Sidhu, J., Desmond, D. *Reliability in the whole life cycle of building systems*. Engineering, Construction and Architectural Management Vol. 13 No. 2, 2006, 136-153, Emerald Group Publishing Limited.
- [61] Johnson, W. *Terminology of the conservation industry*. Building Research note No 186. Ottawa, Division of Building Research, National Research Council of Canada, 1982.
- [62] Teo, E., Lin, G. *Determination of strategic adaptation actions for public housing in Singapore*. Building and Environment, Volume 46, Issue 7, 1480-1488, 2011.
- [63] Douglas, J. *Building adaptation*. 2nd ed. Oxford: Butterworth Heinemann, 2006.
- [64] Ribeiro, R. *Sistema de identificação de custos de serviço de edifícios*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.
- [65] Lacasse, M., Vanier, D. *A review of service life and durability issues*. 7 th international Conference of the Durability of Building Materials and Components, 7DBMC, 1997, Estocolmo.
- [66] Bardin, S., Gérard, B., Colin, D. *Are Research Results Used in Practice?*. CIB Information, No. 5, 17-18, 1993.
- [67] Paulo, P., Branco, F., Brito, J. *BuildingsLife: a building management system*. Structure and Infrastructure Engineering, 2014.
- [68] Pestana, T. *Indicadores para a avaliação em serviço de edifícios existentes – Aplicação a um edifício de escritórios na óptica dos utilizadores*. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico, 2014.
- [69] Calejo, R., Rocha, P., Azevedo, J. *Análise comportamental sobre as causas do decaimento inicial dos edifícios*. Simpósio: Tarefas e funções futuras da engenharia civil: Sustentabilidade e Energia – GEQUALTEC 2015. 2015, FEUP, Porto.
- [70] Pereira, C., Silva, A., Brito, J., Silvestre, J., Flores, I. *A previsão da vida útil de elementos construtivos como ferramenta de apoio à manutenção*. Conferência PATORREB 2018 – 6ª Conferência sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, 2018, Rio de Janeiro.
- [71] Taborda, R. *Gestão de Manutenção do Parque Habitacional – Modelo Experimental de Previsão*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1995.
- [72] Zhang, X., Zeng, J. *Deterioration state space partitioning method for opportunistic maintenance modelling of identical multi-unit systems*, International Journal of Production Research, 2015, 2100-2118.
- [73] Elhakeem, A., Hegazy, T. *Building asset management with deficiency tracking and integrated life cycle optimisation*, Structure and Infrastructure Engineering, 2012, 729-738.

- [74] Matos, F. *Análise Comparativa de Plano de Manutenção em Coberturas Inclinadas*. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico, 2015.
- [75] Hodges, C. *Effective roof management- understanding the life cycle of your roof systems*. Eighth International Conference on Durability of Building Materials and Components, 1999, 1213-1222, M.A. Lacasse and D.J. Vanier, Institute for Research in Construction, Ottawa.
- [76] Calejo, R. *Gestão de edifícios: Modelo de simulação técnico-económica*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2001.
- [77] Grussing, M., Liu, Y. *Knowledge-Based Optimization of Building Maintenance, Repair, and Renovation Activities to Improve Facility Life Cycle Investments*. Journal of Performance of Constructed Facilities, 2014, 539-548, ASCE.
- [78] Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC (1985). Fichas de reparação de anomalias. <http://www.lnec.pt>
- [79] Grupo de Estudos da Patologia da Construção - PATORREB (2004). Fichas de Patologia da Construção. <http://patorreb.com/pt/>
- [80] Building Research Establishment (1982). Defect Action Sheets; Good Repair Guides. <https://www.bregroup.com/>
- [81] CIB W086 - Building Pathology, Cases of Failure Information Sheet. 1993. <http://www.cibworld.nl/site/home/index.html>
- [82] AQC, Agence Qualité Construction. <http://www.qualiteconstruction.com/outils/fiches-pathologie.html>
- [83] <http://www.oz-diagnostico.pt/>
- [84] BEGroup (2004), *Imparare dagli errori*, Italy, Regione Lombardia
- [85] Fong, P. S. W. e Wong, K. (2009), *Knowledge and experience sharing in project-based building maintenance community of practice*. International Journal of Knowledge Management Studies, Volume 3, pp. 275-294.
- [86] Chew, Y. L. (2010), *Maintainability of facilities: for building professionals*. Singapore, World Scientific.
- [87] Chang, C.-Y. e Tsai, M.-D. (2013), *Knowledge-based navigation system for building health diagnosis*. Advanced Engineering Informatics, Volume 27, pp. 246-260.
- [88] [https://www.fep.up.pt/disciplinas/PGI922/2008\\_02\\_AF4-Patologia%202007.pdf](https://www.fep.up.pt/disciplinas/PGI922/2008_02_AF4-Patologia%202007.pdf)
- [89] Freitas, V., Alves, S., Sousa, M. *Um contributo para a sistematização do conhecimento da patologia da construção em Portugal*.
- [90] Agence Qualité Construction. Sycodés Pathologie 2016. [http://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/sycodes\\_2016\\_pathologie\\_1\\_.pdf](http://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/sycodes_2016_pathologie_1_.pdf)
- [91] Sousa, M. *Patologia da construção – elaboração de um catálogo*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004.
- [92] Aguiar, J., Cabrita, A. *Guião de apoio à reabilitação de edifícios habitacionais*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1997.

[93] Coias, V., Soares, I. *A revisão dos projetos como forma de reduzir os custos da construção e os encargos da manutenção de edifícios*. 3º ENCORE – Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. 2003, LNEC, Lisboa.

## **ANEXOS**

### **ANEXO I**

#### **Ficha Tipo de Diagnóstico e Intervenção (Caso 9.1)**

### **ANEXO II**

#### **Fichas Tipo de Diagnóstico e Intervenção em Formato Digital**

Dado o elevado número de páginas que contemplam as fichas tipo de diagnóstico e intervenção realizadas (30 fichas), apresenta-se em anexo o exemplo de uma ficha tipo e em versão digital (CD na contracapa) apresenta-se a totalidade das fichas.





## Ficha de Identificação, Diagnóstico e Intervenção

Ref. 9.1

### I – Informação Geral

**Tipo de Obra:** Construção de raiz

**Tipo de utilização:** Edifício em Espaço rural, Edifício de Fermentação

**Morada:** Vila Real, Sabrosa

**Data de Construção:** 2007

**Orçamento:** 230000 €

**Área Bruta de Construção:** 400 m<sup>2</sup>

**Descrição Sucinta da obra:** A construção consistiu num edifício em estrutura de betão armado, sapatas, pilares e vigas de fundação. Alvenarias exteriores em tijolo térmico de 30 cm, cobertura numa estrutura metálica sendo revestida com placas em mdf com isolamento. Cobertura constituída por perfil de ferro, revestida com painéis de contraplacado marítimo com 10 mm de espessura, madeira, placas cerâmicas e revestimento em telha marselha assentes em ripas de pvc. Caixilharias exteriores em ferro pintado e pavimentos em betão pintados com tinta epoxi. Interiormente, as paredes foram pintadas com tintas em epoxi. Pavimentos interiores da zona da adega bem compactados e constituídos por uma camada de brita de 20 cm, malha sol e camada de betão de 20 cm de espessura. Posteriormente o mesmo pavimento foi pintado com uma demão de primário e aplicado um revestimento autoalisante e antiderrapante à base de resinas de epoxi e inertes, na espessura de 4 mm.

### Fotografia da Envolvente

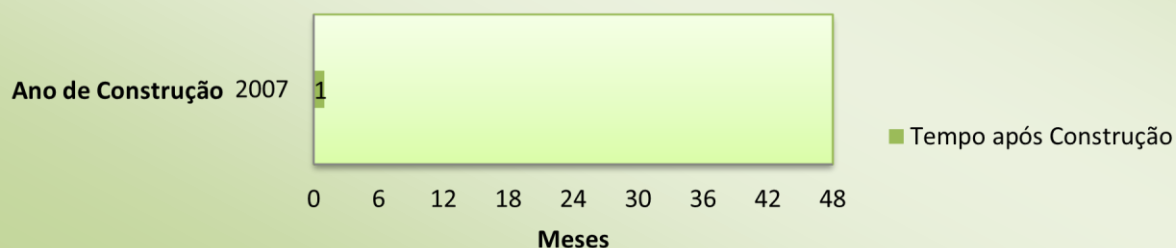


## II – Anomalia

**Local:** Adega

Elemento/Componente	EFM – Nível 1	EFM – Nível 2	EFM – Nível 3	Quantidade
Pavimento interior	2	2.1	2.1.2	300 m <sup>2</sup>
<b>Caracterização Construtiva:</b> Pavimentos interiores da adega bem compactados e constituídos por uma camada de brita de 20 cm, malha sol e camada de betão de 20 cm de espessura. Pintura com uma demão de primário, aplicação de revestimento auto-alisante e antiderrapante à base de resinas e inertes, com espessura de 4 mm				

### Aparecimento da Anomalia



#### Manifestações:

O referido pavimento foi projetado de modo a ter espaço para uma caldeira executada interiormente, junto a uma parede onde as águas de lavagem das respetivas cubas em inox eram recebidas, bem como as águas provenientes da lavagem do pavimento. Contudo, ficavam algumas águas retidas, não ficando o pavimento totalmente limpo

**Causas:** Ondulação do Pavimento

#### Descrição das causas:

Verificou-se que o pavimento apresentava em algumas zonas ondulação, levando a que a água ficasse retida. O pavimento apresentava em algumas zonas ondulação devido à má execução do mesmo, pois aquando da colocação de betão armado e a respetiva passagem da talocha mecânica, em algumas zonas, afundou-se ou refundou-se um pouco mais o pavimento, ficando algumas zonas mais fundas que outras e o pavimento não ficou totalmente liso.

**Origem da Anomalia:** Construção

## III – Proposta de Intervenção

#### Descrição:

Retirada de cubas em inox. A reparação consistiu na lixagem das tintas do pavimento e retificação das zonas com primário e resinas. Posteriormente, o pavimento foi repintado com primário e tinta epoxi.

#### Tipo de Manutenção:

Corretiva;Reparação

**Reincidências:** 0

**Tempo de Execução:** 4 dias

